DIE SKELETTBEZOGENE LAGE DES COLON BEIM ERWACHSENEN UNTER BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG DER COLONFLEXUREN UND DES COLON TRANSVERSUM

Manfred Appel

Diss
München
1967

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41534901_0029

Anatomische Anstalt der Universität München
(Vorstand: Prof. Dr. med. H. Frick)

Zentrale Röntgenabteilung der
Universitäts-Poliklinik München
(Leiter: Prof. Dr. med. K. W. Frey)

der
Klinik und Poliklinik für Radiologie
der Universität München
(Direktor: Prof. Dr. med. J. Lissner)

DIE SKELETTBEZOGENE LAGE DES COLON BEIM ERWACHSENEN

UNTER BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG DER COLONFLEXUREN

UND DES COLON TRANSVERSUM

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten
Medizin an der Ludwig-Maximilians-Universität
zu München

vorgelegt von
Manfred Appel
aus
Bad Wiessee
1982

Mit Genehmigung des Fachbereichs Medizin der
Universität München

1. Berichterstatter: Prof. Dr. med. H. Loeweneck

2. Berichterstatter: Prof. Dr. med. H. Frick

Dekan: Prof. Dr. med. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 6.12.84

DISSERTATIONS - UND FOTODRUCK FRANK GmbH
8000 München 2, Gabelsbergerstraße 15, Tel. 2809090

Meiner Mutter gewidmet

I N H A L T

	Seite
PROBLEMSTELLUNG	1
VORAUSSETZUNGEN FÜR DIE AUSWERTBARKEIT VON RÖNTGENOLOGISCHEM UNTERSUCHUNGSMATERIAL	2
DAS RÖNTGENBILD, EIN ZERRBILD DER WIRKLICHKEIT	5
Vergrößerung	6
Verzeichnung	9
Verzeichnung bei senkrechter Zentralprojektion	9
Verzeichnung bei schiefer Zentralprojektion	13
Der Wirbel im Röntgenbild	15
Die Wirbelsäule im Röntgenbild	22
Der Darm im Röntgenbild	24
Die Verzeichnung der räumlichen Verhältnisse, wenn zwei Objekte aufeinanderprojiziert werden	26
DIE PROBLEMATIK DER METHODE	27
Das Messen, eine absolute Methode	28
Relative Methoden	29
Relativer Bezug zur Höhe eines ganzen Wirbelkörpers	30
Relativer Bezug zum Drittel einer Wirbelkörperhöhe	34
Untersuchung des gewonnenen Zahlenmaterials mit statistischen Tests	39
Wilcoxon-Test für abhängige Stichproben	39
Mann-Whitney-Test für unabhängige Stichproben	46
Berechnung der Mittelwerte und deren 95%-Konfidenzintervalle	50

	Seite
ERGEBNISSE	51
Histogramme der Altersverteilung	51
Der Vergleich der wirbelbezogenen Lage des Colons im Liegen mit der im Stehen	51
Der Vergleich der wirbelbezogenen Lage des Colons der Frau mit der des Mannes	55
Histogramme der wirbelbezogenen Lage der Flexura coli sinistra, der Flexura coli dextra und des Colon transversum	57
Relativer Bezug zur Höhe eines ganzen Wirbelkörpers	57
Relativer Bezug zum Drittel einer Wirbelkörperhöhe	65
Mittelwerte und deren 95%-Konfidenz-intervalle für die Lage der Flexura coli sinistra, der Flexura coli dextra und des Colon transversum	73
Die wirbelbezogene Lage des Caecum	77
Die wirbelbezogene Lage des Colon sigmoideum	78
Formen des Colon transversum	78
DISKUSSION	79
ZUSAMMENFASSUNG	84
LITERATUR	85
LEBENSLAUF	93

PROBLEMSTELLUNG

Jahrhundertelang war allein die Leiche Objekt anatomischer Studien. Diese konnten nur näherungsweise die anatomischen Verhältnisse des lebenden Körpers wiedergeben, weil sich dessen Organe und Gewebe in ihrer Beschaffenheit von denen der Leiche unterscheiden. Verantwortlich sind hierfür u. a. die Einstellung des Zellstoffwechsels, der Wegfall der nervalen Innervation, die angewandten Konservierungsmittel, die evtl. beginnende Fäulnis und die Totenstarre. Der Einfluß der Atmung auf die Lage der inneren Organe konnte beispielsweise nur vermutet werden. Eine Wende zeichnete sich ab, als Wilhelm Konrad RÖNTGEN am 28. Dezember 1895 seine Arbeit "Eine neue Art von Strahlen" veröffentlichte (1). Mit der Darstellung des Knochens konnte erstmals eine Struktur aus dem Inneren des menschlichen Körpers sichtbar gemacht werden, ohne oberflächliche Schichten verletzen zu müssen. Dieser gelungenen Abbildung einer kontrastreichen Struktur folgte die Darstellung kontrastarmer Strukturen wie des Magen-Darmtraktes durch Gabe von Kontrastmitteln. Pioniere auf diesem Weg waren SEHRWALD (2), WEGELE (3), LINDEMANN (4) und ganz besonders RIEDER (5), der 1905 durch eine spezielle Mischung aus Nahrung und Kontrastmittel ("Bismutum subnitricum") das Tor für das weite Gebiet der Magen-Darm-Diagnostik aufstieß. Später ersetzten KRAUSE (6), BACHEN (6) und GÜNTHER (6) in Deutschland das Bismutum subnitricum durch das heute noch gebräuchliche Bariumsulfat. In Frankreich war es BÉCLÈRE (6), in Amerika COLE (6). So entdeckte man bereits in den ersten Jahren des neu entstandenen Faches Radiologie, daß Organe Formen und Bewegungen zeigen, die man von der Leiche her nicht kannte.

1918 nahm HASSELWANDER (7) vom Anatomischen Institut in München im Lehrbuch der Röntgenkunde von RIEDER und ROSENTHAL zu diesen Problemen Stellung. Neben der normalen Röntgenographie beschäftigte er sich intensiv mit der Stereoröntgenographie (8). Während aus anatomischen Befunden an der Leiche in erster Linie Vergleichswerte für den relaxierten Patienten auf dem Operationstisch übertragen werden können, gelten die Ergebnisse der Radiologie vor allem für die diagnostische Untersuchung am wachen Patienten. Um so erstaunlicher ist es, daß bis heute nur wenige am lebenden Menschen gewonnene Daten für die Normallage der Organe existieren, obwohl sie der Arzt für die Diagnostik dringend gebrauchen könnte. Diese Lücke für das Colon zu schließen, ist das Ziel meiner Arbeit. Dabei werden die Lokalisation und Verschieblichkeit der Flexura coli sinistra, der Flexura coli dextra und des Colon transversum besonders berücksichtigt.

VORAUSSETZUNGEN FÜR DIE AUSWERTBARKEIT VON RÖNTGENOLOGISCHEM UNTERSUCHUNGSMATERIAL

Meine Arbeit ist eine Retrospektivstudie über Doppelkontrast-Colon-Röntgenbilder, die in den Jahren 1981, 1980 und 1979 in der Abteilung für Röntgenologie an der Poliklinik der Universität München, Pettenkoferstraße 8, angefertigt wurden. Um auf die notwendige Fallzahl von 100 Patienten für die vorliegende Untersuchung zu kommen, mußten Röntgenbilder von 439 Patienten durchgemustert und beurteilt werden. Dabei wurde darauf geachtet, daß in der Fallzahl 100 Frauen wie Männer gleichmäßig enthalten

sind. Von den für die Untersuchung in Frage kommenden 200 Röntgenbildern wurden auf ein hoch transparentes DIN A 3 Blatt Pausen im Durchscheinverfahren angefertigt.

Alle 439 untersuchten Fälle mußten sich bestimmten Anforderungen stellen, die im folgenden kurz erläutert werden sollen:

1. Es wurden nur Röntgenbilder verwendet, bei denen sich als Untersuchungsergebnis keinerlei pathologische Veränderungen am Colon gezeigt hatten, d. h. Röntgenbilder, die eine Divertikulitis, eine Colitis ulcerosa oder Adhäsionen aufzeigten, schieden für die Untersuchung aus. Lediglich Patienten mit einem Zustand nach Appendektomie wurden miteinbezogen.

2. Röntgenbilder, bei denen sich erkennen ließ, daß bei den betreffenden Patienten an das Colon angrenzende Organe des Bauchraumes vergrößert waren, schieden ebenfalls für die Untersuchung aus. Eine vergrößerte Leber drückt beispielsweise die Flexura coli dextra nach unten und nach links, eine verkleinerte Leber gewährt ihr Freiraum nach oben. Eine Ausdehnung der Gallenblase drückt ebenfalls auf die Flexura coli dextra. Nimmt die Milz an Masse zu, schiebt sie die Flexura coli sinistra nach unten und nach rechts. Eine Schrumpfung hingegen läßt die Flexura coli sinistra nach oben aufsteigen. Neoplastische Massenzunahmen des Magens betreffen vorwiegend den Verlauf des Colon transversum. Sie drücken es nach unten.

3. Auch eine erkennbare pathologische Volumenzunahme von Organen des Retroperitoneums durfte in den zu untersuchenden Röntgenbildern nicht vorkommen. Die rechte Niere und Nebenniere können das Colon ascendens verdrängen, die linke Niere und Nebenniere das Colon descendens. Der Verdrängungseffekt würde sich an den beiden Colonflexuren als Zug nach unten bemerkbar machen.

4. Durch pathologische Vergrößerungen von Beckenorganen konnten viele Colon-Kontrast-Röntgenbilder von Frauen für diese Studie nicht ausgewertet werden. Tumoren des Uterus oder der Ovarien verändern vor allem Form und Lage des Colon transversum. Bei der Beurteilung der angrenzenden Organe des Bauchraumes, des Retroperitoneums und des Beckens halfen mir vor allem die Untersuchungsbefunde und Krankengeschichten und erst in zweiter Linie die auf dem Röntgenbild sichtbaren indirekten Zeichen der Massenverschiebung. Abschließend möchte ich auf die Arbeiten von BROWN (9) und WHALEN (10, 11, 12) hinweisen, die sich intensiv mit dem Einfluß der angrenzenden Organe auf das Colon beschäftigt haben.

5. Auch an die Aufnahmetechnik und Qualität der Röntgenbilder wurden Anforderungen gestellt:

So mußten von ein und demselben Patienten Aufnahmen im Stehen und im Liegen vorhanden sein. Die Aufnahmen wurden immer im dorsoventralen Strahlengang geschossen. Beim Liegen befanden sich die Patienten in der Seitenlage. Außerdem

sollten die Röntgenbilder alle erforderlichen Colonabschnitte enthalten: die Flexura coli sinistra, die Flexura coli dextra und das Colon transversum. War die Flexura coli sinistra in der Übersichtsaufnahme abgeschnitten, was bei ausgesprochenem Hochstand manchmal zutraf, mußte sie auf einer Zielaufnahme mit dem Skelett abgebildet sein, andernfalls kam dieser Patient für die Studie nicht mehr in Betracht. Weiterhin war notwendig, daß neben dem Relief des Darmes auch die äußeren Konturen der Skelettanteile deutlich zu erkennen waren. Das Skelett sollte ja aufgrund der Themastellung Bezugssystem für die Lage des Colon sein.

DAS RÖNTGENBILD, EIN ZERRBILD DER WIRKLICHKEIT

Beim Studium der radiologischen Literatur, vor allem der Standardwerke wie die Röntgenanatomie von NAGY (13) oder das Lehrbuch der Röntgendiagnostik von SCHINZ (14), wurde ich erstmals darauf aufmerksam gemacht, daß das Röntgenbild nicht die wirklichen anatomischen Formen und Größenverhältnisse wiedergibt. Nur wenn man sich intensiv mit den radiologischen Abbildungsverhältnissen beschäftigt, kann man die Abweichungen von der Wirklichkeit verstehen und nach einer Methode suchen, die diese Abweichungen möglichst gering hält.

Vergrößerung

Die Gesetze der Optik sind neben den Lichtstrahlen auch auf die Röntgenstrahlen anwendbar (15). Es liegt die Vorstellung zugrunde, daß sich beide Strahlenarten geradlinig von einem Ursprungsort ausbreiten, der im Idealfall punktförmig ist (Abb. 1). Man spricht deshalb von Zentralprojektion.

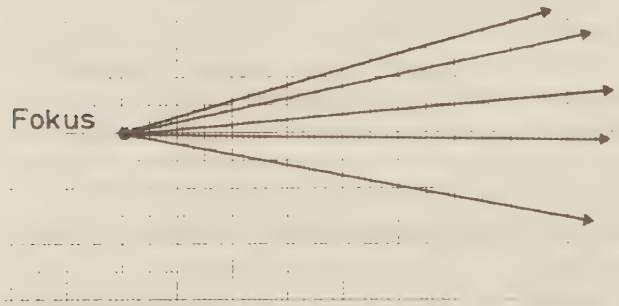


Abb. 1: Die Ausbreitungsform der Röntgenstrahlen.
Fokus = Entstehungsort der Röntgenstrahlen.

Durch den Aufprall von Elektronen auf den Fokus (Brennfleck) der Anode werden Röntgenstrahlen in der Röntgenröhre erzeugt. In der Form eines Kegels verlassen die Röntgenstrahlen die Röntgenröhre durch das Austrittsfenster. Der Strahl in der Mitte des Kegels wird Zentralstrahl genannt und für die Zentrierung der Aufnahmen benutzt. Je nach dem Auftreffen des Zentralstrahls auf die Bildebene spricht man von senkrechter oder schiefer Zentralprojektion.

In der Abb. 2 werden drei Beispiele einer senkrechten Zentralprojektion aufgezeigt. Mit dem Buchstaben F ist der Fokus oder Brennfleck als Entstehungsort der Röntgenstrahlen gemeint. Die gestrichelte Linie kennzeichnet den Verlauf des Zentralstrahles. Die Strecke $\overline{AB}$ ist das Objekt, die Strecke $\overline{A'B'}$ dessen Bild. Wie alle drei Beispiele zeigen, wird ein Objekt auf dem Röntgenbild grundsätzlich größer abgebildet, als es in Wirklichkeit ist (13, 14, 15, 16).

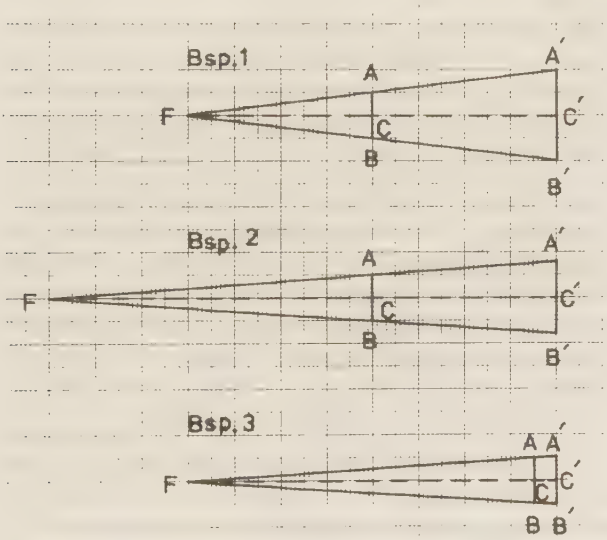


Abb. 2: Röntgenbild bei senkrechter Zentralprojektion. F = Fokus; Strecke $\overline{AB}$ = Objekt; Strecke $\overline{A'B'}$ = Bild; C = Mittelpunkt der Strecke $\overline{AB}$; C' = Mittelpunkt der Strecke $\overline{A'B'}$.

Nur wenn Objekt $\overline{(AB)}$ und Bild $\overline{(A'B')}$ wie in den drei Beispielen angegeben parallel zueinander liegen, kann der Strahlensatz für die Berechnung der jeweiligen Vergrößerung angewendet werden (14, 15, 16):

$$\text{Vergrößerung } V = \frac{A'B'}{AB} = \frac{FC'}{FC}$$

Aus den drei Beispielen geht auch deutlich hervor, wie die Vergrößerung von dem Verhältnis Fokus-Objekt-Abstand zu Objekt-Bild-Abstand bestimmt wird. Ein Vergleich der Beispiele 2 und 3 mit dem Beispiel 1 in der 2. Abbildung verdeutlicht, daß sich die Bildvergrößerung verringert, wenn man entweder den Fokus-Objekt-Abstand erhöht (Bsp. 2) oder den Objekt-Bild-Abstand erniedrigt (Bsp. 3). Für die Festlegung tatsächlicher Größenverhältnisse im Bild ist am günstigsten, den Objekt-Bild-Abstand möglichst klein zu halten (Bsp. 3). Außerdem fällt dabei die Strahlenbelastung für den Patienten am niedrigsten aus (14, 15, 16). Die Einflüsse von Fokus-Objekt-Abstand und Objekt-Bild-Abstand spielen bei meiner retrospektiven Arbeit insofern eine große Rolle, weil die Röntgenbilder nicht unter standardisierten Bedingungen angefertigt wurden, d. h. jene oben beschriebenen Abstände von Röntgenbild zu Röntgenbild variierten. Demzufolge ergaben sich von Röntgenbild zu Röntgenbild andere Vergrößerungen. Aber selbst wenn man die Studie prospektiv geplant und den Fokus-Bild-Abstand konstant gehalten hätte, die "Unbekannten" wären die genauen Lagen der Objekte "Skelett" und "Darm" des Patienten geblieben. Und dieser Umstand allein führt schon zu unterschiedlichen Vergrößerungen, wie in den Beispielen der Abbildung 2 bereits demonstriert wurde. Zu den Faktoren, die die

Vergrößerung zusätzlich noch beeinflussen, gehören die körperliche Konstitution des Patienten (dick-dünn), die Lagerung während der Röntgenaufnahmen, persönlicher Stil in der Aufnahmetechnik des jeweiligen Röntgenologen und auch das unterschiedliche Alter der Patienten. So hält ein junger Patient einen höheren Füllungsdruck des Kontrastmittels im Darm aus als ein älterer Patient, was einen voluminöseren Darm des jüngeren Patienten im Röntgenbild zur Folge hat.

Verzeichnung

Um zu beweisen, daß Gegenstände im Röntgenbild immer größer abgebildet werden, als sie in Wirklichkeit sind, wurde in der Abb. 2 mit der Strecke $\overline{AB}$ ein eindimensionales Objekt benutzt, das keine räumliche Ausdehnung in Richtung des Zentralstrahles besitzt. Dehnt sich ein Objekt in Richtung des Zentralstrahles aus, wird es zusätzlich zu seiner Vergrößerung auch in seiner Form verzeichnet (15).

Verzeichnung bei senkrechter Zentralprojektion

Zur Veranschaulichung der Verzeichnung eines Objektes im Röntgenbild bei senkrechter Zentralprojektion betrachten wir die Projektion eines Rechteckes auf das Röntgenbild (Abb. 3). Der Buchstabe F symbolisiert wieder den Fokus oder Brennfleck als Entstehungsort der Röntgenstrahlen, welche die Punkte A, B, C und D des Rechteckes auf die Ebene E des Röntgenbildes A', B', C' und D' abbilden. Die gestrichelte Linie kennzeichnet erneut den Zentralstrahl.

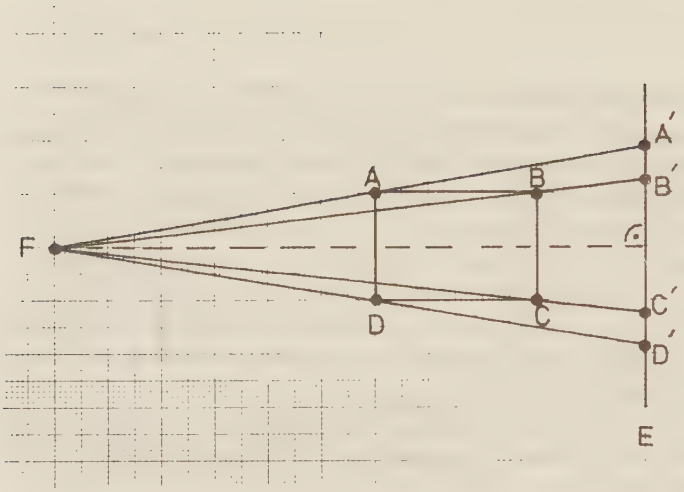


Abb. 3: Abbildung eines Rechteckes durch senkrechte Zentralprojektion. F = Fokus; A, B, C, D = Eckpunkte des Rechteckes, A', B', C', D' = Bildpunkte des Rechteckes; E = Ebene des Röntgenbildes; gestrichelte Linie = Zentralstrahl.

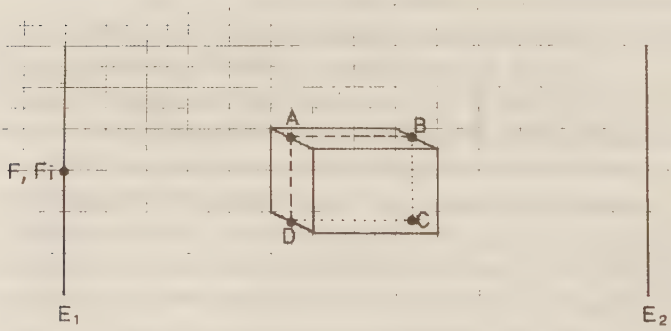


Abb. 4: Lage der Filmebenen beim Photographieren und Röntgen eines Quaders. F = Fokus; Fi = Film im Photoapparat; E_1 = Ebene des Photofilms; E_2 = Ebene des Röntgenfilms; A, B, C, D = Eckpunkte des Quaderquerschnittes.

Da dieser senkrecht auf die Abbildungsebene E trifft, deutet er die senkrechte Zentralprojektion an.

Die Verzeichnung des Rechteckes auf dem Röntgenbild läßt sich damit erklären, daß seine filmfernen Anteile (Strecke $\overline{AD}$) stärker vergrößert werden als seine filmnahen (Strecke $\overline{BC}$) (15). Der unterschiedliche Objektabstand der Strecken $\overline{AD}$ und $\overline{BC}$ vom Fokus F ist dafür verantwortlich. Man spricht bei dieser Verzeichnung auch von "umgekehrter Perspektive" (15), denn während bei der normalen Perspektive Objekte um so kleiner abgebildet werden, je weiter sie vom Film entfernt sind, werden sie hier um so größer abgebildet. Um die "umgekehrte Perspektive" noch besser zu veranschaulichen, stellen wir uns das Rechteck (ABCD) in Abb. 3 als Querschnitt eines Quaders vor, der von der Stelle F_i aus photographiert wird (Abb. 4).

Nur die dem Film (F_i) näher liegende Fläche mit den Punkten A und D ist auf dem Bild (Ebene E_1) zu sehen (Abb. 5, Bsp. 1). Wird der Quader von F aus geröntgt, liegen andere Verhältnisse vor. Zum einen durchdringen die Röntgenstrahlen den Quader und stellen alle Strukturen dar (Abb. 5, Bsp. 2), zum anderen liegt die Bildebene (E_2) nun gegenüber von F. Röntgenbild und Photographie unterscheiden sich also bezüglich des Fluchtpunktes. Bei der Photographie blickt der Betrachter auf den Fluchtpunkt, die Gegenstände werden kleiner, das Röntgenbild sieht er vom Fluchtpunkt aus, die Gegenstände werden größer. Damit wären wir bei der Schwierigkeit der Deutung eines Röntgenbildes angekommen. Betrachten wir dazu

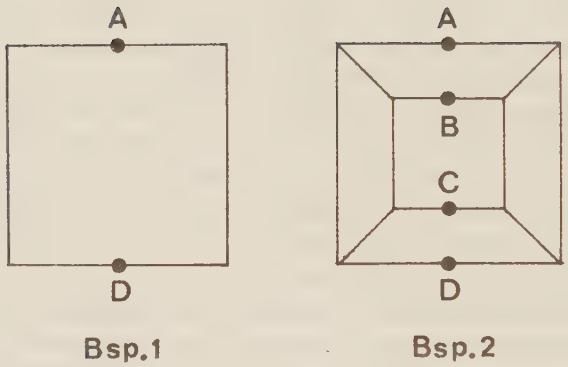
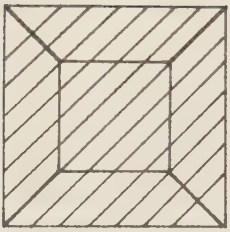
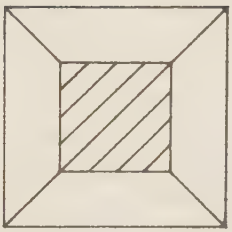


Abb. 5: Photographie (Bsp. 1) und Röntgenbild (Bsp. 2) eines Quaders. A, B, C, D = "Eckpunkte" der Quaderquerschnitte.

noch einmal die röntgenologische Darstellung des Quaders (Abb. 5, Bsp. 2). Wird der Fluchtpunkt hinter das Bild gelegt, meint man, in einem leeren Raum zu stehen und auf dessen Rückwand zu blicken (Abb. 6, Bsp. 1). Die Schraffierung zeigt die Ebene, in der der Beobachter steht. Wird statt dessen der Fluchtpunkt vor das Bild gelegt (Abb. 6, Bsp. 2), glaubt man, von oben auf eine Pyramide zu blicken, deren Spitze abgeschnitten ist. Die Schraffierung deutet die Schnittfläche an.



Bsp.1



Bsp.2

Abb. 6: Interpretationsmöglichkeiten eines Quaders im Röntgenbild.

Verzeichnung bei schiefer Zentralprojektion

Fällt der Zentralstrahl nicht wie im letzten Beispiel senkrecht sondern schief auf die Bildebene, gibt es theoretisch zehn Grundmöglichkeiten der Verzeichnung des Rechteckes, je nach Einfallswinkel der Röntgenstrahlen (Abb. 7, F_1 - F_{10}). Wird die senkrechte Zentralprojektion (Abb. 7, F_{11}) als Sonderfall in die Überlegung einbezogen, werden es sogar elf Möglichkeiten. Sie kommen dadurch zustande, daß der Fokus der Röntgenstrahlen parallel zu der Bildebene und den Strecken $\overline{AD}$ und $\overline{BC}$ von der Ausgangsstellung der senkrechten Zentralprojektion einmal nach oben und einmal nach unten wandert. Dadurch verteilen sich die Beispiele symmetrisch um die senkrechte Zentralprojektion.

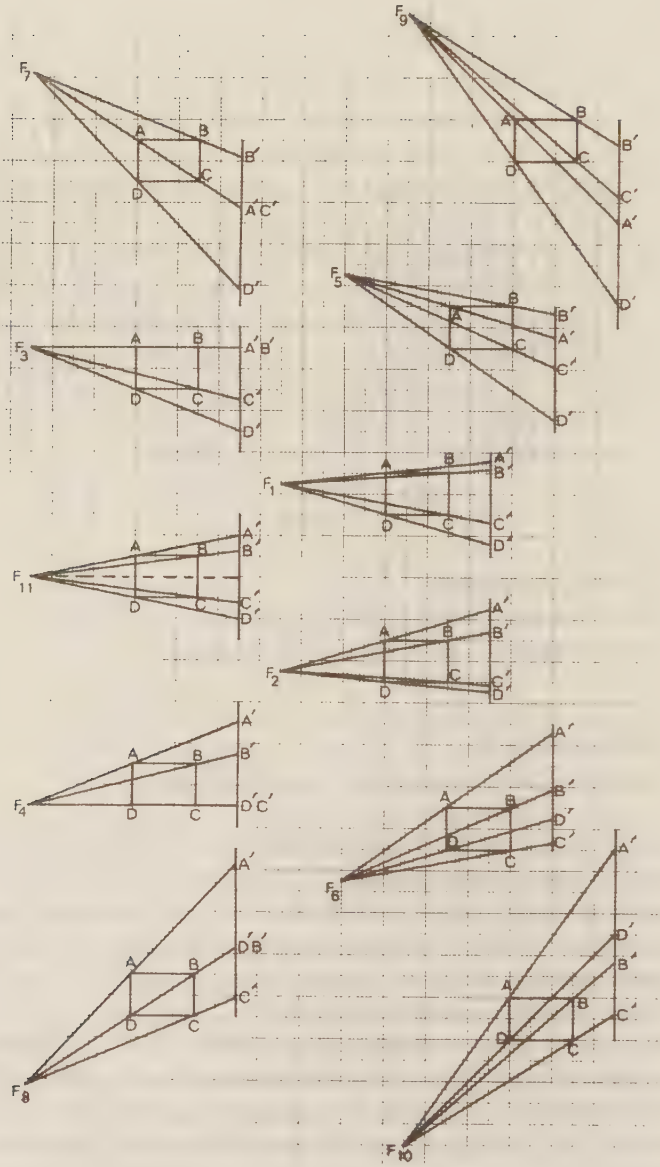


Abb. 7: Mögliche Abbildungen eines Rechteckes durch schiefe Zentralprojektion (F_1 bis F_{10}).
Ausnahme: F_{11}, senkrechte Zentralprojektion. A, B, C, D = Eckpunkte des Rechteckes; A', B', C', D' = Bildpunkte.

Die Verzeichnung des Rechteckes läßt sich am besten erkennen, wenn man die Reihenfolge der Buchstaben beachtet. Nur bei den drei mittleren Beispielen lautet sie A', B', C', D', in den anderen Fällen variiert sie. Einige Male projizieren sich zwei Buchstaben übereinander. Nachdem die Abstände Fokus-Objekt und Objekt-Bild gleich sind und die Strecken $\overline{AD}$ und $\overline{BC}$ zu der Bildebene parallel liegen, wird nach dem Strahlensatz sowohl die Strecke $\overline{AD}$ als auch die Strecke $\overline{BC}$ in allen Beispielen gleich vergrößert. Die Verzeichnung des Rechteckes fällt um so stärker aus, je schräger es von den Röntgenstrahlen getroffen wird. Somit erklärt sich auch ihre Bedeutung für das Röntgenbild. Mehrdimensionale Strukturen im Zentrum des Röntgenbildes werden weniger verzeichnet als die in der Peripherie. Die Verzeichnung nimmt also zielscheibenartig von innen nach außen zu. Sie läßt sich gerade in den Randbereichen durch Vergrößerung des Fokus-Bild-Abstandes verringern, weil die Objekte dann weniger schräg von den Strahlen getroffen werden.

Der Wirbel im Röntgenbild

In den letzten Kapiteln wurden die Hintergründe für die Vergrößerung und die Verzeichnung eines Objektes im Röntgenbild aufgezeigt. Als Beispiele dienten eine Strecke ($\overline{AB}$) und ein Rechteck (ABCD). Das Verständnis für diese Zusammenhänge liefert die Voraussetzung, um die Abbildung eines Wirbels im Röntgenbild analysieren zu können. Die meiner Arbeit zugrundeliegenden Röntgenbilder zeigen die Wirbelsäule immer im dorsoventralen Strahlengang. Dabei werden die Wirbel in sechs Formen dargestellt (Abb. 8).

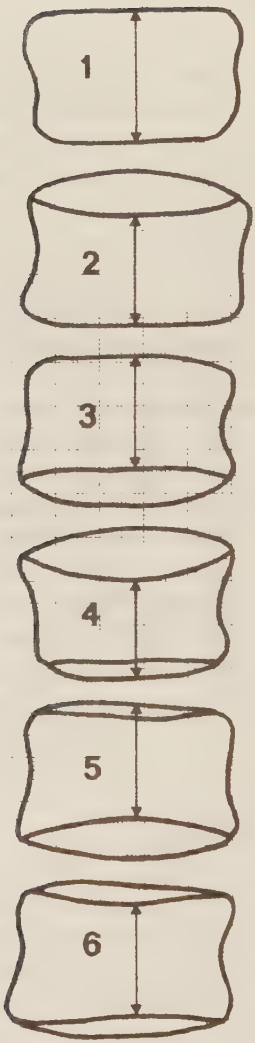


Abb. 8: Die sechs prinzipiell möglichen Abbildungsformen des Wirbelkörpers im Röntgenbild. Der Pfeil bezeichnet die Höhenausdehnung der Wirbelkörpervorderfläche im Röntgenbild bei dorsoventralem Strahlengang.

Alle Formen werden seitlich von je einer Linie begrenzt, deren röntgenologisches Substrat die Seitenkante des Wirbelkörpers ist. Sowohl der obere als auch der untere Abschluß kann durch eine oder zwei Linien gebildet werden. Sind es zwei, verläuft die eine konvex und die andere konkav. So ergeben sich schließlich Wirbel mit 2, 3 oder 4 horizontal konvex oder konkav verlaufenden Linien, deren röntgenologisches Substrat die Ober- und Unterkanten des Wirbelkörpers sind. In der Anzahl der möglichen auftretenden Linien bin ich anderer Ansicht als HURXTHAL (17), der 5 oder 6 Linien als obere und untere Begrenzung eines Wirbels beschreibt. Allerdings nahm HURXTHAL bei seinen Untersuchungen nur jeweils einen Wirbel mit kleinem Fokus-Objekt-Abstand im lateralen Strahlengang auf. Der Nachweis, daß es sich bei den horizontalen Linien um die Kanten des Wirbelkörpers handelt, ist einfach zu führen. Man braucht nur einen Blick in einen anatomischen Atlas zu werfen. Der Sagittalschnitt eines Wirbelkörpers hat grob die Form des oben schon erwähnten Rechtecks (ABCD). Die Projektion der Ecken auf das Röntgenbild ergibt die Lage sowohl von vorderer und hinterer Oberkante als auch von vorderer und hinterer Unterkante. Die Anzahl der oberen und unteren Abschlußlinien hängt davon ab, wie stark das Rechteck verzeichnet wird. Bildet jeweils eine Linie die obere und untere Grenze (Abb. 8, Wirbel 1), ist eine Analyse einfach. Vordere und hintere Oberkante wie auch vordere und hintere Unterkante überlagern sich (Abb. 9). Das wird möglich, weil Sagittalschnitte durch die Wirbelkörper nur grob die Form eines Rechteckes haben. Die Höhen von Vorder- und Hinterkante eines Wirbels unterscheiden sich meist geringgradig entsprechend

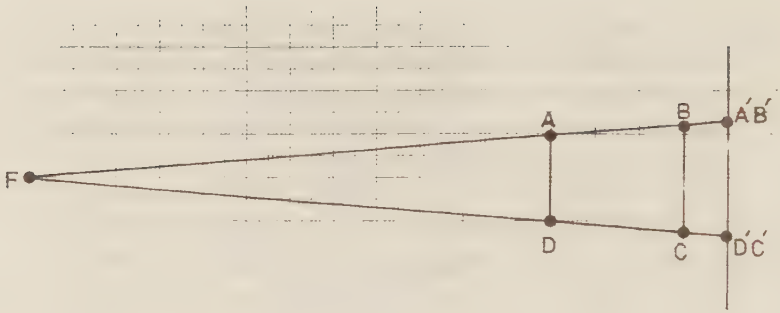


Abb. 9: Überlagerung der Vorder- und Hinterkanten des Wirbelkörpers (Sagittalschnitt) bei Zentralprojektion. F = Fokus; A, B, C, D = Punkte der Wirbelkörperkanten; A', B', C', D' = Bildpunkte der Wirbelkörperkanten.

der Ausprägung der Lordose und Kyphose des Wirbelsäulenbereiches. Dieser Höhenunterschied hat zur Folge, daß die Abschnitte der Oberkanten (A und B) und der Unterkanten (C und D) von je einem Strahl auf das Röntgenbild projiziert werden. Sind aber statt zwei, drei oder gar vier Linien zu sehen (Abb. 8, Wirbel 2 - 6), stellt sich die Frage: Welche Linie entspricht der vorderen und welche Linie der hinteren Oberkante, welche der vorderen und welche der hinteren Unterkante? Es heißt zwar in älteren Radiologiebüchern, daß Strukturen, die dem Röntgenbild näher liegen, schärfer abgebildet werden, diese Aussage ist aber durch die schnelle Entwicklung der Röntgenapparate längst überholt. Strukturen, die nur wenige Zentimeter auseinander liegen, zeigen im

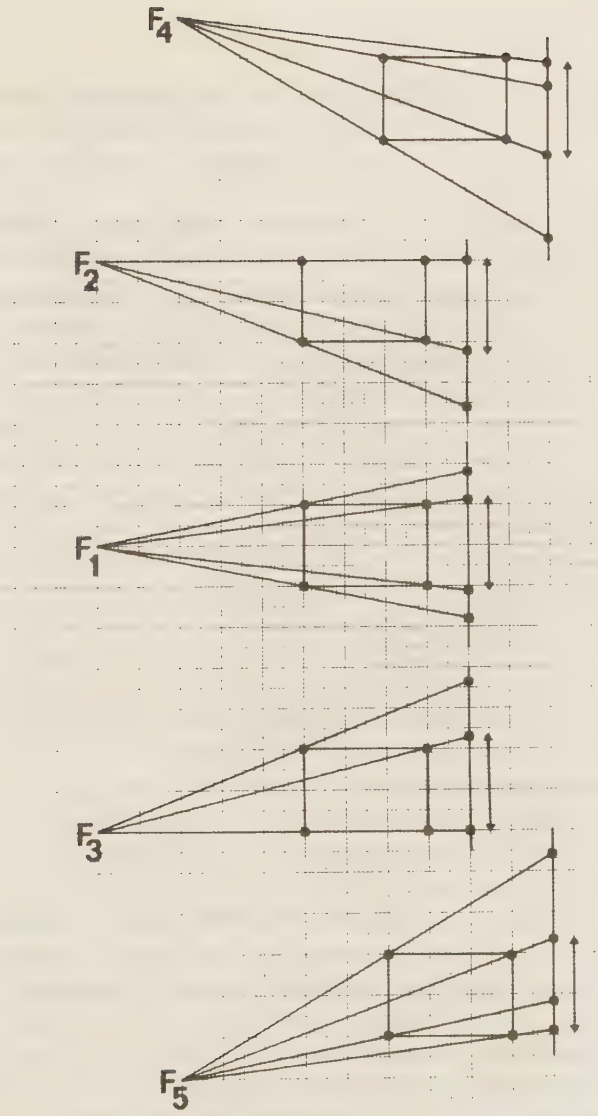


Abb. 10: Schematische Darstellung eines Wirbelkörpers im Sagittalschnitt als Rechteck. Zentralprojektion der Wirbelkörperanschnittkanten auf das Röntgenbild. F_1 bis F_5 = Foci; ● = Punkte der Wirbelkörperkanten.

Röntgenbild gegeneinander meist so minimale Unterschiede in ihrer Abbildungsschärfe, daß sie das menschliche Auge kaum noch wahrnehmen kann. Eine wirkliche Klärung bringt nur ein Nachvollzug des Strahlenganges (Abb. 10). Drei Linien werden sichtbar, wenn entweder die beiden Oberkanten oder die beiden Unterkanten sich zu einer Linie überlagern (Abb. 8 bei Wirbel 2 + 3). Die zwei weiter auseinanderliegenden Bildpunkte geben die Linienverläufe der Ober- und Unterkante wieder, die näher zum Röntgenbild, also vorne, liegen (Abb. 10, F_2 + F_3). Findet keine Überlagerung statt, bilden sich alle vier Kanten als Linien ab (Abb. 8 bei Wirbel 4, 5, 6). Gleicht der Abstand der oberen Linien dem der unteren (Abb. 8, Wirbel 6), liegt senkrechte Zentralprojektion vor (siehe auch bei F_1 in Abb. 10). Das innere Linienpaar im Röntgenbild eines Wirbels ist dann das Abbildungsergebnis von dessen vorderer Ober- und Unterkante (Abb. 10, F_1). Schiefe Zentralprojektion ist die Ursache dafür, daß entweder das obere oder das untere Linienpaar einen größeren Abstand aufweisen (Abb. 8 bei den Wirbeln 4 und 5). In diesem Fall sind der äußere Punkt von dem Punktepaar mit dem engsten Abstand und der innere Punkt von dem Punktepaar mit dem weitesten Abstand für die Linienverläufe der vorderen Ober- und Unterkante verantwortlich (Abb. 10, F_4 + F_5). Weitere Verzeichnungen, wie in den äußeren Beispielen der Abb. 7 dargestellt ($F_{7,\ 8,\ 9,\ 10}$), kommen aufgrund des hohen Fokus-Bild-Abstandes von durchschnittlich 120 cm bei Röntgenaufnahmen nicht vor. Aufgrund des hohen Fokus-Bild-Abstandes und des Einflusses von Lordose und Kyphose ist es auch äußerst unwahrscheinlich, daß Wirbel wie in den Beispielen F_1 und F_2 projiziert werden. In mehreren maßstabsgetreuen Zeichenstudien,

welche die physiologischen lordotischen und kyphotischen Wirbelsäulenkrümmungen berücksichtigen, habe ich mich davon überzeugt.

Es bedarf noch einer Erklärung, warum die Kanten des Wirbelkörpers im Röntgenbild konkav oder konvex und nur in seltenen Fällen geradlinig zu verlaufen scheinen. Die Wirbelkörper der Brust- und der Lendenwirbelsäule erscheinen in der Aufsicht "bohnenförmig" (Abb. 11).

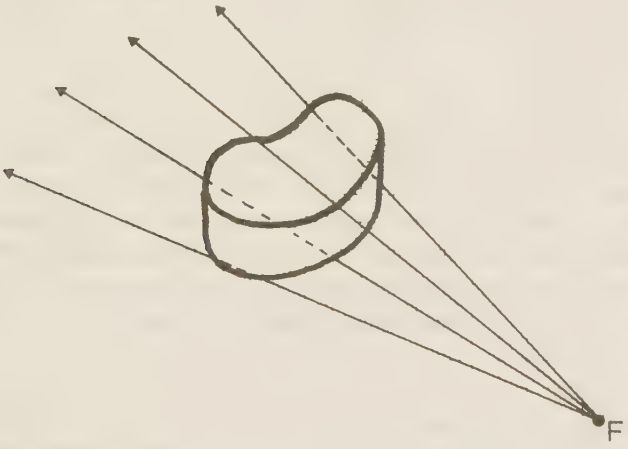


Abb. 11: Der Wirbelkörper im Strahlengang. F = Fokus.

Die ventrale Krümmung ist wesentlich stärker ausgeprägt als die dorsale. Die Strahlenschnittpunkte der Vorderkanten und der Hinterkanten weisen somit verschieden weite Abstände vom Röntgenbild auf. Je nach Einfallswinkel der Röntgenstrahlen werden die Punkte entweder nach unten oder nach oben projiziert, wobei

der Punkt mit der weitesten Entfernung vom Röntgenbild auch die weiteste Verschiebung erfährt. Die stärkste Verschiebung nach oben bildet den höchsten Punkt der konkaven Linie, die stärkste Verschiebung nach unten den tiefsten der konvexen Linie.

Die Wirbelsäule im Röntgenbild

Die Wirbelsäule als Ganzes wird nach den gleichen Gesetzen abgebildet wie der einzelne Wirbel. Allerdings macht sich der Einfluß von Kyphose und Lordose der Brust- und Lendenwirbelsäule nun besonders stark bemerkbar.

Die einzelnen Wirbel werden im Röntgenbild unterschiedlich vergrößert, weil jeder einen anderen Abstand vom Röntgenfilm hat. Wenn überhaupt, dann können nur wenige Wirbel mit ihren Vorder- und Hinterflächen zum Röntgenbild parallel liegen. Für welche Wirbel das gilt, kann generell nicht festgelegt werden. Mit dem Strahlensatz läßt sich deshalb die Vergrößerung der einzelnen Wirbel nicht berechnen.

Kyphose und Lordose führen außerdem zu unterschiedlich starker Verzeichnung der Wirbelkörper. Die Verzeichnung kann je nach Lage des Wirbelkörpers zu den abbildenden Strahlen ebenso verstärkt wie abgeschwächt werden. Dies gilt besonders für den Randbereich des Strahlenkegels, in dem es normalerweise zu einer stärkeren Verzeichnung als im Innenbereich kommt. Indem sich die Lendenwirbel durch ihre Lordose im dorsoventralen Strahlengang der Strahlenrichtung anpassen, werden sie weniger verzeichnet als die Brustwirbel, die durch ihre Kyphose von den Strahlen um so schräger getroffen werden (Abb. 12).

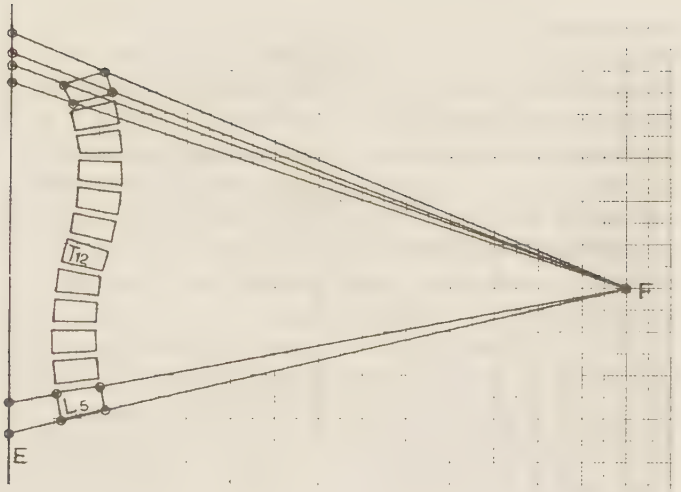


Abb. 12: Der Einfluß von Lordose und Kyphose der Wirbelsäule bei ihrer Abbildung durch Zentralprojektion. F = Fokus; E = Bildebene.

Bei der Zentrierung der Aufnahme kann der Zentralstrahl immer nur auf einen Wirbel eingestellt werden. Wie stark die anderen Wirbel nun verzeichnet werden, hängt davon ab, auf welchen Wirbel zentriert wurde. Bei den Röntgenbildern des von mir untersuchten Patientengutes wurde sicherlich nicht standardisiert auf einen Wirbel zentriert.

Der Darm im Röntgenbild

Die Darstellungsform des Darmes im Röntgenbild zu analysieren, ist im Vergleich zum Wirbel relativ einfach. Der Darm wird auf allen Röntgenbildern von zwei Linien begrenzt, deren röntgenologisches Substrat die Seitenwände sind. Er erscheint somit immer als Schlauch. Linien, die von den Seitenwänden in das Lumen des Schlauches vorspringen, sind das röntgenologische Korrelat der Haustrien.
Auch der Darm wird entsprechend den Gesetzen der Zentralprojektion vergrößert abgebildet. Dabei nimmt er wegen seines kreisförmigen Querschnittes eine Sonderstellung ein. Er wird bei konstantem Fokus-Objekt- und Objekt-Bild-Abstand um so stärker vergrößert, je spitzer die Röntgenstrahlen auf das Röntgenbild einfallen (Abb. 13). Reihenfolge der zunehmenden Vergrößerung: Beispiel 1 < Beispiel 2 < Beispiel 3 (siehe in Abb. 13). Nach dem Strahlensatz müßten Gegenstände, die die gleichen Abstände vom Röntgenbild aufweisen, bei konstantem Fokus auch gleich groß abgebildet werden. Diese Ausnahme läßt sich folgendermaßen erklären: Zwar haben, wie in Abb. 13 ersichtlich, die dem Röntgenbild zugewandten Seiten der Darmabschnitte (C) zu diesem alle den gleichen Abstand, nicht aber die Teile der Seitenwände (Punkte A und B), die randbildend wirken. Dies trifft nur im 1. Fall zu.

Man könnte darüber streiten, ob die unterschiedliche Vergrößerung bei konstanten Abständen nicht auf eine Verzeichnung zurückzuführen wäre, verantwortlich dafür ist ja die Raumausdehnung des Darmes in Richtung des Zentralstrahles. Aber im Gegensatz zum Rechteck oder zum Wirbel, die auch Raumausdehnungen

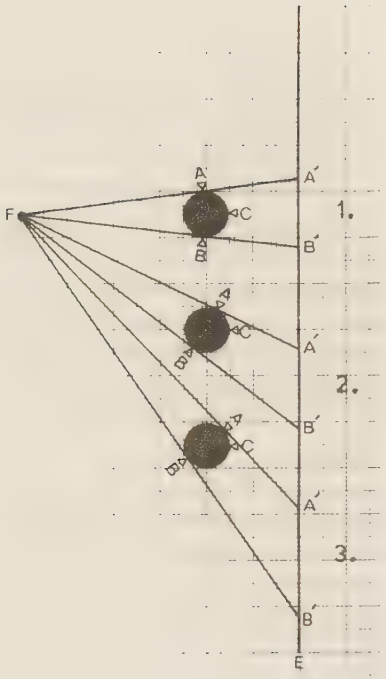


Abb. 13: Drei Beispiele für die Röntgenbilddarstellung von Darmabschnitten durch Zentralprojektion. F = Fokus; A, B = randbildende Punkte; C = Punkt mit geringster Entfernung von Bildebene E; A', B' = Bildpunkte.

in Richtung des Zentralstrahles aufweisen, entfällt beim Darm die Notwendigkeit für diese Untersuchung, vorn und hinten interpretieren zu müssen. Wichtig ist letztlich allein die Tatsache, daß die Vergrößerung des Darms im Röntgenbild bei sonst konstanten Abständen vom Einfallswinkel der Strahlen abhängt und sich deshalb nicht exakt angeben läßt.

Verzeichnung der räumlichen Verhältnisse, wenn zwei Objekte aufeinanderprojiziert werden

Bisher wurden nur die Probleme besprochen, die bei der radiologischen Abbildung eines Objektes auftreten. Es liegt nahe, sich auch mit den Problemen zu beschäftigen, die durch die gleichzeitige Abbildung zweier Objekte aufgeworfen werden. Auf dem Röntgenbild sind ja überwiegend mehrere Strukturen dargestellt. Was bisher zu der Abbildung eines Körpers gesagt wurde, gilt auch für die gleichzeitige Abbildung mehrerer Strukturen.

In Abb. 14 sind drei prinzipielle Beispiele für zwei Objekte W (Wirbel) und D (Darm) in ihrer Projektionsweise dargestellt.

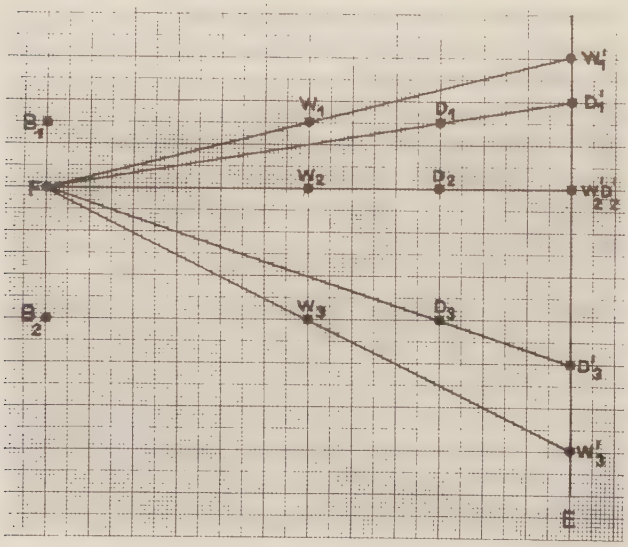


Abb. 14: Räumliche Verschiebung bei Abbildung mehrerer Objekte durch Zentralprojektion. W = Wirbel; D = Darm.

Trifft der abbildende Röntgenstrahl nicht senkrecht auf die Bildplatte (Bsp. 1 und 3), wird die wirkliche räumliche Beziehung von den Objekten W und D verzeichnet. Blickt man von B_1 auf die Objekte W_1 und D_1, oder von F auf W_2 und D_2, oder von B_2 auf W_3 und D_3, so liegen die Objekte in einer Flucht. Wird nun eine Röntgenaufnahme von F aus angefertigt, liegen nur noch die Objekte W_2 und D_2 hintereinander. Die Bildpunkte der anderen beiden Paare geben nicht mehr deren wirkliche räumliche Beziehung wieder. Die Objekte, die weiter von dem Röntgenbild entfernt sind (W_1, W_3) erscheinen höher (W_1') oder tiefer (W_3') als ihr zugehöriger Partner. Diese Verschiebung hängt selbstverständlich wieder von den bereits bekannten Abständen Fokus-Objekt und Objekt-Bild ab. Für meine Arbeit bedeutet dies:
Beim dorsoventralen Strahlengang projizieren sich Colonabschnitte in der Peripherie des Röntgenbildes tiefer auf die Brustwirbelsäule und höher auf die Lendenwirbelsäule, als sie in Wirklichkeit stehen.

DIE PROBLEMATIK DER METHODE

Warum Röntgenbilder nicht die 100 %igen anatomischen Form-, Größen- und Lageverhältnisse wiedergeben, dürfte hinreichend beleuchtet sein. Die Kenntnis dieser Tatsache und der damit verbundenen Probleme erlaubt mir nun, nach einer Methode für die Auswertung der Röntgenbilder zu suchen, die die Fehler der radiologischen Technik berücksichtigt und nicht noch neue Fehler hinzufügt. Die Aufgabe meiner Untersuchung soll es sein, die Lage der beiden Colonflexuren und des Colon transversum auf das Skelett zu beziehen. Zu ihrer Lösung sind zwei Wege möglich:

Zum einen kann man versuchen, durch Messung absolute Werte für die Lage der gewünschten Colonabschnitte zu erhalten, zum anderen kann man eine relative Beziehung zwischen Darmteilen und Skelett herstellen.

Das Messen, eine absolute Methode

Es erscheint zunächst am einfachsten, ein Lineal zu benutzen und damit die Entfernung der entsprechenden Colonabschnitte von einem gewählten Bezugspunkt des Skeletts auszumessen. Beispielsweise könnte man die höchsten Punkte der beiden Darmbeinkämme durch eine Linie verbinden und die Entfernung der Colonabschnitte in Millimetern angeben. Möglich wäre es auch, einen der Wirbel als Fixpunkt zu verwenden. Um die gemessenen Strecken an den verschiedenen Röntgenbildern des Patientenkollektivs untereinander vergleichen zu können, müßte die Vergrößerung der in den Röntgenbildern dargestellten Strukturen bei allen Bildern gleich sein. Aufgrund der unterschiedlichen Fokus-Objekt- und Objekt-Bild-Abstände ist diese Forderung aber nicht erfüllt. Mißt man trotzdem vom Schnittpunkt der Beckenkammhöhe mit der Körpermedianen aus nach kranial, darf man sich nicht wundern, wenn 10 cm bei einem Patienten der Höhe des zweiten Lendenwirbels, bei einem anderen aber der des dritten Lendenwirbels entsprechen. Dabei entsprechen die 10 cm natürlich nicht der wirklichen Strecke, sondern nur dem vergrößerten Schatten im Röntgenbild. Wie stark die im Röntgenbild gemessene und die tatsächliche Entfernung voneinander abweichen, hängt vom Vergrößerungsfaktor des Röntgenbildes ab. Es ist fraglich, ob am Röntgenbild, in dem aufgrund der Verzeichnungen keine linearen Maßstäbe

vorherrschen, ein linearer Maßstab für Auswertungen angewendet werden kann. Es werden nämlich nicht nur die Objekte selbst, sondern auch deren räumliche Beziehung verzeichnet, sobald die miteinander in Beziehung gesetzten Objekte nicht in einer Ebene liegen. Selbst wenn die Verzeichnung sehr gering ausfällt, bewegt sie sich doch zumindest im Millimeterbereich. Deshalb halte ich eine Messung an Röntgenbildern zum Erzielen absoluter Werte für sinnlos.

Relative Methoden

Wird aus den eben erwähnten Gründen auf ein Messen verzichtet, bleibt als Lösung nur noch übrig, die Colonabschnitte nicht auf einen Fixpunkt, sondern auf mehrere Strukturen des Röntgenbildes zu beziehen. Dazu sind die einzelnen Wirbelkörper hervorragend geeignet. Dadurch ist der Einfluß der von Röntgenbild zu Röntgenbild unterschiedlichen Vergrößerung aufgehoben. Die wirbelbezogene Lage der Colonabschnitte des einen Patienten kann problemlos mit der des anderen verglichen werden. Diese Art der Höhenangabe bietet auch für die Praxis einige Vorteile. So ist einem Chirurgen mit der Angabe, die Flexura coli sinistra befindet sich in Höhe des 12. Brustwirbels, mehr geholfen als mit der Angabe, sie ist 20 cm von der Verbindungslinie der höchsten Punkte der beiden Darmbeinkämme entfernt. Außerdem enthält die Strecke von 20 cm noch den Fehleranteil des Vergrößerungsfaktors. Die Angaben wie "in Höhe des 12. Brustwirbels" oder "in Höhe des 1. Lendenwirbels" reichen in ihrem Informationsgehalt aus, um in Histogrammen die Reichweite und die am häufigsten

vorkommende Lokalisation der einzelnen Colonabschnitte darzustellen. Diese Angaben sind aber ungeeignet, um in statistischen Tests Unterschiede in den Verteilungen der einzelnen Colonabschnitte nachzuweisen. Der Computer nimmt solche Informationen erst an, wenn sie verschlüsselt sind. Eine einfache Verschlüsselung kann man erreichen, indem man ganzen Wirbeln oder gleichmäßig hohen Wirbelkörperanteilen bei Eins beginnend fortlaufende Zahlen zuordnet. Dies läuft letztlich auf eine "Klassifizierung" der Wirbelsäule hinaus. Es ergeben sich um so mehr Klassen, je kleiner die Wirbelkörpereinteilung für die Zahlenzuordnung gewählt wird.

Relativer Bezug zur Höhe eines ganzen Wirbelkörpers

Bei dieser Methode wird angegeben, welchem Wirbel die einzelnen Colonabschnitte in ihrer Höhe entsprechen. Auf die Bandscheiben als Höhenangabe wird daher verzichtet. Befinden sich Colonabschnitte in Bandscheibenhöhe, werden sie dem nächstgelegenen Wirbel zugerechnet. Es wird sozusagen auf ganze Wirbel gerundet. Die Abb. 15 zeigt, welche Punkte die Höhe der Flexura coli sinistra, der Flexura coli dextra und des Colon transversum bestimmen. Der obere Umschlagspunkt (A) der ersten Schlinge im Anschluß an das Colon ascendens definiert die Lage der Flexura coli dextra. Die Flexura coli sinistra wird durch den oberen Umschlagspunkt (B) der letzten Schlinge vor dem Colon descendens gekennzeichnet. Die Lage des Colon transversum gibt der unterste Umschlagspunkt (C) der am tiefsten zwischen den beiden Flexuren stehenden Schlinge an.

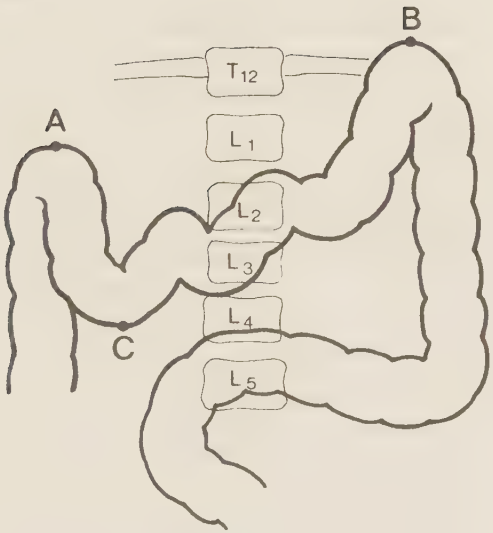


Abb. 15: Doppelkontrastdarstellung des Colons bei dorsoventralem Strahlengang. A, C, B = Definitionspunkte der Flexura coli dextra, des Colon transversum und der Flexura coli sinistra.

Die Abb. 16 zeigt die Technik, mit der die jeweiligen Umschlagspunkte einem Wirbel zugeordnet werden. Dabei ist entscheidend, wie der Umschlagspunkt zu der Vorderfläche eines Wirbelkörpers liegt. Welche Linien die Vorderfläche des Wirbelkörpers begrenzen, wurde bereits im Abschnitt "Der Wirbel im Röntgenbild" erläutert (siehe auch Pfeile in Abb. 8).

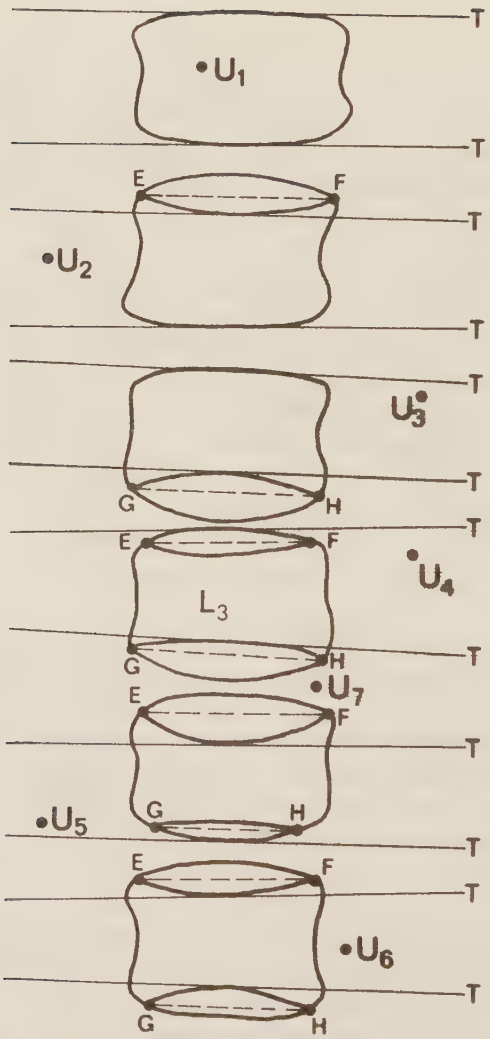


Abb. 16: Konstruktionstechnik für die Bestimmung der Wirbelkörpervorderflächen bei dorsoventralem Strahlengang. T = Tangenten zu $\overline{EF}$ und $\overline{GH}$; E, F, G, H = Schnittpunkte der konvexen und konkaven Begrenzungslinien; U_1 bis U_7 = Umschlagspunkte = Definitionspunkte der Flexura coli dextra, der Flexura coli sinistra und des Colon transversum.

Um die Lage des Umschlagspunktes zu der Vorderfläche eines Wirbelkörpers zu konstruieren, wurden bei der Auswertung der Röntgenbilder, wie in Abb. 16 dargestellt, Tangenten (T) an die Begrenzungslinien der Vorderfläche gelegt, die parallel zu den Strecken EF und GH sind. Liegt der Umschlagspunkt (U) innerhalb der Tangenten eines Wirbelkörpers (wie U_1 - U_6), befindet sich der jeweilige Colonabschnitt in der Höhe dieses Wirbels. Wenn der Umschlagspunkt dagegen außerhalb der zu den Wirbelkörpern gehörenden Tangentenpaaren liegt (U_7), steht dieser Colonabschnitt in Höhe einer Bandscheibe. Er wird d e m Wirbelkörper zugerechnet, dessen Tangente weniger weit von ihm entfernt ist. Beim Beispiel von U_7 ist es der Wirbelkörper L_3. Die Flexura coli sinistra und die Flexura coli dextra lassen sich so bei allen Patienten einem Wirbel der Brust- oder der Lendenwirbelsäule zuordnen. Das Colon transversum steht in einigen Fällen, besonders bei Frauen, tiefer als L_5, also schon in Höhe des Os sacrum. Aufgrund seiner größeren Fläche ist die Wahrscheinlichkeit einer Projektion des Colon transversum auf das Os sacrum im Vergleich zu anderen Wirbeln erhöht. Um dabei die gleiche Wahrscheinlichkeit für die Lagemöglichkeiten des Colon transversum zu gewährleisten, habe ich die Wirbelsäule um drei "hypothetische Wirbel" nach unten ergänzt. Sie entsprechen in ihren Maßen etwa dem Mittelwert aus L_3, L_4 und L_5 und werden mit L_1', L_2' und L_3' bezeichnet. Nur so kann noch ein Höhenunterschied des Colon transversum vom Stehen zum Liegen nachgewiesen werden, wenn es tiefer als L_5 steht. Die Unterkante von L_2' projiziert sich in etwa auf eine Linie, die die höchsten Punkte der beiden Femurköpfe berührt. Durch den Trick der Einführung dreier hypothetischer Wirbel (L_1', L_2',

L_3'), wurde ein klassifizierendes System geschaffen, das somit aus "12 Wirbeln" besteht: Dabei entspricht der 9. Brustwirbel dem höchsten (= "1. Wirbel"), der hypothetische Wirbel L_3' dem niedrigsten Bereich (= "12. Wirbel"), in dem die Colonabschnitte bei meinem Patientengut lagen. Die für die Auswertung durch den Computer notwendige Verschlüsselung kam zustande, indem jedem dieser "12 Wirbel" bei Eins beginnend eine Zahl zugeordnet wurde (Abb. 17).

Relativer Bezug zum Drittel einer Wirbelkörperhöhe

Für die praktische Anwendung genügt es, den Höhenbezug der Colonflexuren und des Colon transversum mit der Genauigkeit eines ganzen Wirbels anzugeben. Soll aber ein etwaiger Höhenunterschied beim Lagewechsel oder zwischen den Geschlechtern nachgewiesen werden, wäre die Genauigkeit dieser Methode vielleicht nicht ausreichend. Theoretisch könnte beispielsweise die Flexura coli sinistra bei einem Lagewechsel vom Liegen zum Stehen von der Oberkante des 12. Brustwirbels bis zu dessen Unterkante absinken. Es bestünde damit zwar ein Höhenunterschied zwischen Liegen und Stehen, die zu ungenaue Methode des Bezugs auf einen ganzen Wirbel würde dies aber nicht mehr ausdrücken können.

Deshalb wird ein sensibleres System benötigt: Unterteilt man die Wirbelkörperhöhe in Abschnitte, muß diese genauere Methode auch die Bandscheibenhöhe berücksichtigen. Ein Verzicht auf die Bandscheiben würde durch das Runden die an die Bandscheiben angrenzenden Bereiche des Wirbelkörpers beim Höhenbezug von Colonabschnitten bevorzugen.

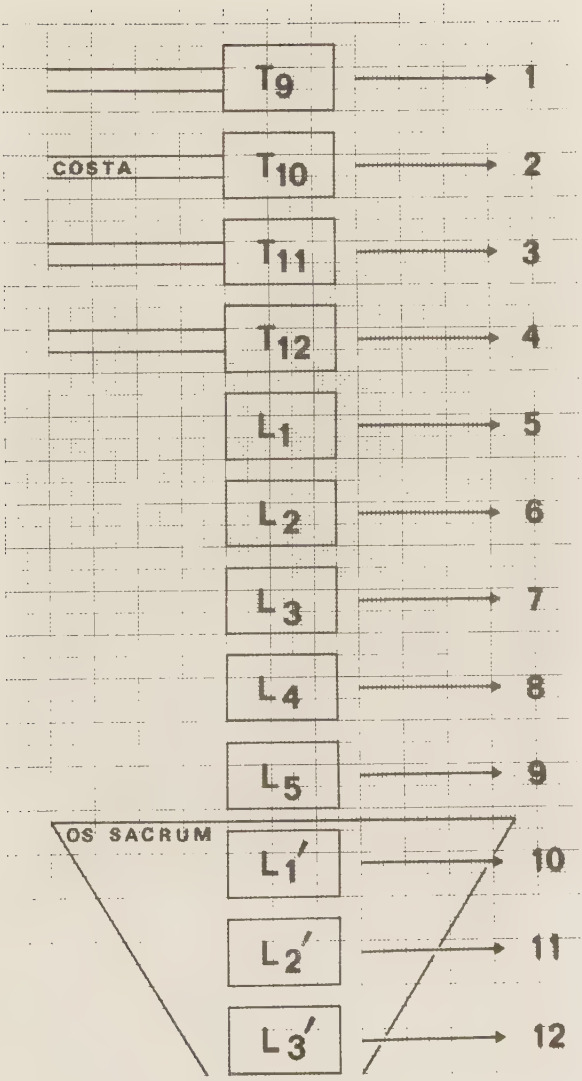


Abb. 17: Verschlüsselung des betroffenen Wirbelsäulenbereichs.

Für sie bestünde somit eine größere Trefferwahrscheinlichkeit als für den inneren Bereich des Wirbelkörpers. Gleiche Wahrscheinlichkeit für die Höhenbestimmung wird erreicht, indem man Vergleichsabschnitte mit gleicher Höhe schafft. Als Lösung bietet sich an, die Vorderfläche des Wirbelkörpers in Drittel aufzuteilen, denn die Höhe einer Bandscheibenvorderfläche im unteren Thorakal- und im Lumbalbereich entspricht etwa dem Drittel der Höhe der Wirbelkörpervorderfläche im Röntgenbild. Bei der Verschlüsselung wird beginnend bei der Bandscheibe zwischen T_8 und T_9 jedem Drittel und jeder Bandscheibe eine fortlaufende Zahl zugeteilt (Abb. 18).

Da die Bandscheibe zwischen T_8 und T_9 der höchsten Lokalisation eines Colonabschnittes bei meinem Patientengut entsprach, erhielt sie die Zahl 1. Die Bandscheibe zwischen den hypothetischen Wirbeln L_3' und L_4' entspricht der tiefsten Lokalisation bei meinem Patientengut. Ihr wird die Zahl 49 zugewiesen. Aus den bereits in dem letzten Kapitel genannten Gründen wurden auch bei diesem System mit 49 Klassen die hypothetischen Wirbel L_1', L_2' und L_3' eingeführt. Die Höhen der beiden Flexuren und des Colon transversum werden wiederum durch deren Umschlagspunkte bestimmt (siehe auch Abb. 15). Um die Umschlagspunkte einem Drittel der Vorderfläche eines Wirbelkörpers oder der Vorderfläche einer Bandscheibe zuzuordnen, werden - entsprechend der Beschreibung bei dem System mit den 12 Klassen - Tangenten an die Begrenzungslinien der Wirbelkörpervorderflächen gelegt (siehe auch Abb. 16).

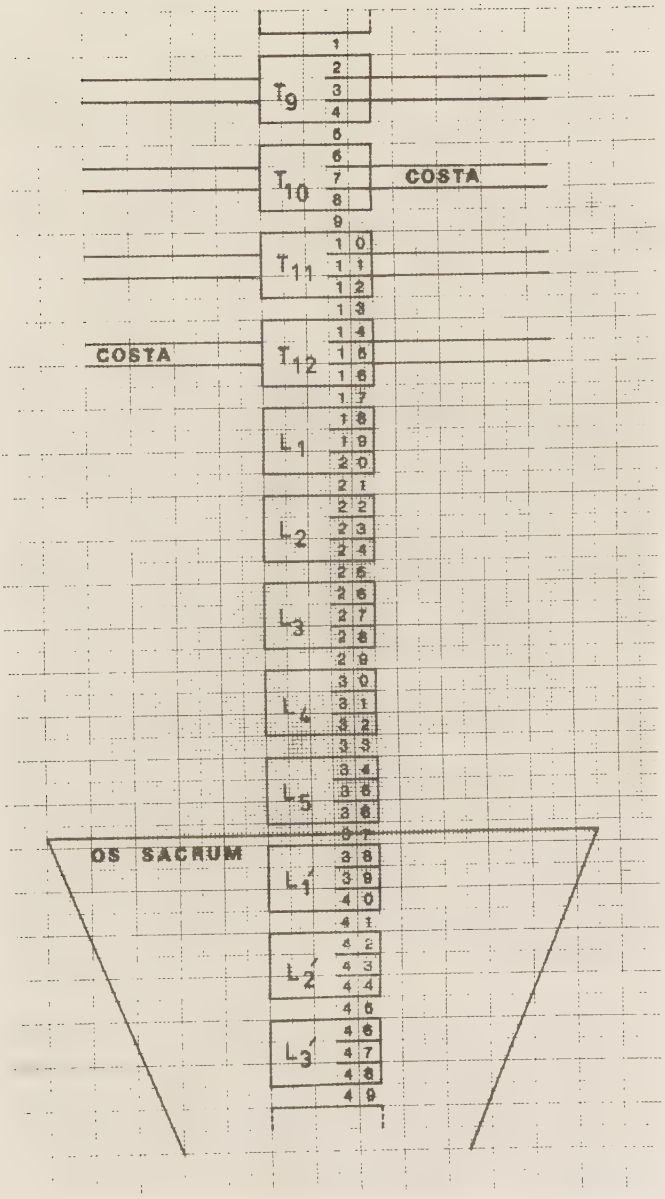


Abb. 18: Verschlüsselung des betroffenen Wirbelsäulenbereichs nach der "Drittelmethode".

Anschließend werden zwei Geraden konstruiert (G_1, G_2), die zu den Tangenten parallel liegen und die Strecke $\overline{IK}$ in drei gleiche Teile dividieren (Abb. 19). Die Pfeile in Abb. 19 zeigen die Höhenausdehnung der Bandscheibenvorderseiten.

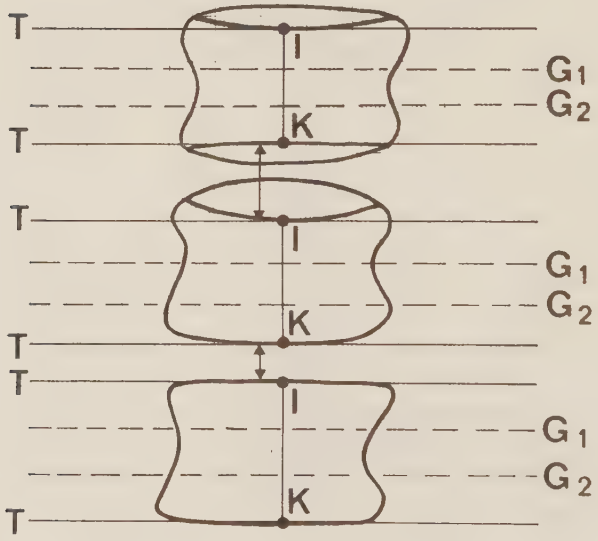


Abb. 19: Konstruktionstechnik für die Bestimmung der Drittel der Wirbelkörpervorderflächen bei dorsoventralem Strahlengang. T = Tangenten; G_1, G_2 = Parallelen zu den Tangenten, die die Strecke $\overline{IK}$ dritteln; Pfeile = Bandscheibenvorderseiten.

Untersuchung des gewonnenen Zahlenmaterials mit statistischen Tests

In den letzten beiden Kapiteln wurden zwei Verschlüsselungssysteme vorgestellt. Das eine beinhaltet 12 Zahlen, das andere 49. Bei der Auswertung der Röntgenbilder erhielten die Flexura coli sinistra, die Flexura coli dextra und das Colon transversum sowohl im Stehen als auch im Liegen je eine Zahl, die ihre Höhenlokalisation zur Wirbelsäule widerspiegelt. Pro Patient ergeben sich somit sechs Zahlenwerte. Die Tabellen 1, 2, 3 und 4 geben eine Übersicht über das Zahlenmaterial des Untersuchungsgutes. Entsprechend der Fragestellung wurden diese Daten für den WILCOXON-Test, den MANN-WHITNEY-Test, die Berechnung der Mittelwerte und der 95%-Konfidenzintervalle der Mittelwerte verwendet.

Wilcoxon-Test für abhängige Stichproben

Dieser Test wurde für die Beantwortung der Frage ausgewählt, ob sich die wirbelbezogene Lage des Colons im Liegen von der im Stehen unterscheidet. Nach Geschlechtern getrennt führte ich den WILCOXON-Test für die beiden Colonflexuren und das Colon transversum durch. Somit ergaben sich sechs Ansätze:

A. Mann:
   1. Flexura coli sinistra: stehend zu liegend
   2. Flexura coli dextra: stehend zu liegend
   3. Colon transversum: stehend zu liegend

B. Frau:
   1. Flexura coli sinistra: stehend zu liegend
   2. Flexura coli dextra: stehend zu liegend
   3. Colon transversum: stehend zu liegend

Tab. 1: BEZUG DER COLONABSCHNITTE AUF DIE HÖHE EINES GANZEN WIRBELS
Verschlüsselungssystem 1 - 12, Frauen

Fall	Flexura coli sinistra		Colon transversum		Flexura coli dextra	
	liegend	stehend	liegend	stehend	liegend	stehend
1	4	4	8	10	4	5
2	4	4	11	10	5	5
3	6	8	11	11	7	9
4	5	5	11	10	8	7
5	4	4	10	9	6	7
6	3	4	10	11	7	7
7	8	6	8	10	7	7
8	4	4	10	11	5	6
9	4	4	10	10	5	6
10	4	3	9	10	5	6
11	2	2	8	9	4	6
12	5	4	11	12	7	8
13	4	4	9	9	5	5
14	5	5	10	10	5	5
15	3	3	10	10	6	6
16	5	5	10	11	6	7
17	3	4	9	10	5	5
18	3	3	9	9	3	4
19	4	4	10	9	5	5
20	2	1	8	8	3	3
21	4	4	10	10	5	5
22	5	5	10	10	6	6
23	2	2	8	10	5	6
24	3	2	8	8	4	4
25	4	3	10	12	5	6
26	3	4	10	10	4	5
27	1	1	5	6	3	2
28	5	4	9	10	5	5
29	1	2	8	9	5	5
30	5	4	10	11	6	6
31	2	2	8	8	6	6
32	3	2	9	9	5	5
33	3	3	9	9	5	6
34	3	3	9	10	5	5
35	4	4	11	12	5	5
36	3	4	6	7	4	5
37	3	2	8	10	4	4
38	3	3	6	9	4	5
39	4	3	10	9	4	5
40	4	4	8	8	5	5
41	3	4	10	10	5	6
42	4	2	10	11	5	6
43	1	2	7	7	3	3
44	2	1	9	9	5	5
45	1	2	8	8	4	4
46	4	3	10	9	4	5
47	3	3	7	7	4	5
48	4	3	10	11	5	5
49	3	2	9	10	5	5
50	3	3	7	8	4	5

Tab. 2: BEZUG DER COLONABSCHNITTE AUF DIE HÖHE EINES GANZEN WIRBELS
Verschlüsselungssystem 1 - 12, Männer

Fall	Flexura coli sinistra		Colon transversum		Flexura coli dextra	
	liegend	stehend	liegend	stehend	liegend	stehend
1	4	4	8	8	6	5
2	4	3	11	12	5	5
3	6	6	11	11	7	7
4	5	5	9	9	6	7
5	3	2	7	8	5	4
6	3	3	8	8	6	6
7	2	2	5	8	3	4
8	5	4	10	10	7	6
9	5	5	9	9	5	6
10	4	4	8	9	5	6
11	4	5	8	9	6	7
12	3	5	8	8	5	3
13	4	4	11	9	6	6
14	2	1	5	5	4	3
15	3	3	8	9	4	5
16	3	2	6	7	5	5
17	4	3	8	7	5	4
18	2	2	8	8	4	4
19	3	2	8	8	5	5
20	3	4	8	8	4	5
21	3	3	6	8	4	5
22	3	4	8	7	4	6
23	5	5	9	8	5	5
24	4	4	8	8	5	5
25	2	4	7	7	4	5
26	4	2	7	9	5	5
27	4	4	7	9	5	6
28	4	4	8	9	6	5
29	3	3	10	11	5	6
30	2	3	8	8	4	4
31	4	5	10	9	4	5
32	4	4	9	9	7	6
33	1	1	9	9	3	5
34	4	2	7	6	5	4
35	2	2	7	7	4	4
36	3	3	7	7	4	4
37	2	2	7	7	3	4
38	2	1	9	9	4	6
39	3	4	10	10	4	5
40	3	3	7	8	4	4
41	1	1	9	7	4	2
42	4	4	7	7	6	5
43	4	2	6	8	6	5
44	1	3	8	7	5	6
45	1	2	9	9	5	5
46	1	1	7	7	4	5
47	3	4	6	7	3	5
48	4	5	9	10	6	6
49	4	4	9	8	6	5
50	4	3	7	7	4	5

Tab. 3: BEZUG DER COLONABSCHNITTE AUF EIN DRITTEL DER HÖHE EINES GANZEN WIRBELS
Verschlüsselungssystem 1 - 49, Frauen

Fall	Flexura coli sinistra		Colon transversum		Flexura coli dextra	
	liegend	stehend	liegend	stehend	liegend	stehend
1	14	16	33	38	16	17
2	14	14	41	39	21	19
3	23	30	42	44	28	34
4	18	18	43	40	31	27
5	13	14	37	36	21	27
6	13	13	37	45	28	28
7	31	22	30	39	25	29
8	13	15	41	41	19	22
9	16	15	41	39	18	21
10	14	13	35	37	17	21
11	7	9	29	33	15	22
12	18	17	44	45	25	31
13	16	15	34	35	18	19
14	20	19	39	39	19	19
15	12	11	37	39	23	22
16	20	20	40	41	23	27
17	13	15	34	37	20	20
18	10	11	36	36	12	14
19	13	14	38	36	21	19
20	7	4	29	31	12	11
21	14	15	40	38	18	18
22	18	19	37	39	22	23
23	8	9	32	39	20	22
24	10	7	33	32	15	17
25	14	11	39	45	20	21
26	9	13	37	38	16	19
27	3	3	20	23	13	8
28	19	16	33	38	20	19
29	5	7	33	33	19	18
30	18	17	38	42	23	24
31	6	7	33	33	22	25
32	10	7	35	35	18	17
33	10	10	35	33	20	22
34	12	12	35	37	19	20
35	14	16	43	46	20	20
36	10	13	23	26	15	19
37	11	7	31	38	15	16
38	9	11	24	34	15	18
39	13	10	37	36	15	17
40	16	15	32	29	17	19
41	10	14	38	40	20	23
42	14	6	39	41	19	22
43	5	5	27	26	11	11
44	6	5	36	34	21	18
45	5	6	32	32	15	17
46	14	12	40	37	16	20
47	12	12	29	28	16	21
48	14	11	38	41	20	20
49	12	6	36	41	17	20
50	12	9	29	30	15	19

Tab. 4: BEZUG DER COLONABSCHNITTE AUF EIN DRITTEL DER HÖHE EINES GANZEN WIRBELS
Verschlüsselungssystem 1 - 49, Männer

Fall	Flexura coli sinistra		Colon transversum		Flexura coli dextra	
	liegend	stehend	liegend	stehend	liegend	stehend
1	15	13	30	30	23	21
2	17	9	44	45	19	21
3	22	22	43	42	26	26
4	18	18	37	35	24	25
5	11	7	28	32	20	15
6	12	12	32	29	23	22
7	6	8	19	32	10	16
8	18	16	40	40	27	23
9	17	19	36	37	20	21
10	14	14	32	36	20	22
11	14	18	32	35	22	26
12	10	18	30	30	20	13
13	13	15	44	35	22	22
14	6	5	20	20	15	12
15	10	12	33	35	14	18
16	11	8	23	26	17	18
17	14	9	32	28	21	17
18	8	6	30	31	15	16
19	10	8	32	31	18	19
20	10	15	32	32	17	19
21	10	10	21	32	16	18
22	9	16	32	28	15	25
23	17	18	35	31	21	21
24	14	15	32	31	19	20
25	7	14	29	32	14	20
26	17	7	29	34	19	17
27	16	16	27	33	18	22
28	13	14	33	35	22	21
29	12	12	38	41	20	22
30	6	10	32	33	16	17
31	14	17	37	35	17	20
32	14	14	36	34	26	25
33	4	5	34	34	12	21
34	14	8	27	24	18	16
35	6	8	27	28	16	16
36	9	12	28	27	15	17
37	6	5	25	29	11	15
38	8	4	33	34	16	21
39	13	15	38	39	14	20
40	10	10	28	31	16	15
41	5	2	36	26	14	8
42	15	14	26	27	22	19
43	14	6	24	32	23	19
44	4	11	30	28	20	22
45	1	6	35	35	19	20
46	2	2	27	28	13	18
47	11	14	25	28	12	18
48	14	20	35	38	22	25
49	15	14	36	33	22	20
50	14	10	26	28	14	19

Für jeden dieser Ansätze wurden die Nullhypothese H_o und die Alternativhypothese H_1 formuliert. Dies soll am Beispiel der Flexura coli sinistra erklärt werden:

H_1: Die wirbelbezogene Lage der Flexura coli sinistra im Liegen unterscheidet sich wirklich von der im Stehen.

H_o: Die wirbelbezogene Lage der Flexura coli sinistra im Liegen unterscheidet sich nicht wirklich von der im Stehen, die auftretenden Abweichungen sind zufallsbedingt.

Die Aussage H_o wird im Testverfahren geprüft. Sie wird je nach Ausgang des Tests entweder angenommen oder verworfen. Ist letzteres der Fall, wird H_1 angenommen.

Der WILCOXON-Test wurde ausgewählt, weil er gestattet, pro Versuchseinheit (Patient) zwei Beobachtungen paarig miteinander zu vergleichen (18, 19, 20); bei meiner Arbeit die Lage eines Colonabschnittes im Liegen mit der im Stehen beim gleichen Patienten. Außerdem setzt er im Gegensatz zu anderen Testverfahren (z. B. t-Test) keine bestimmte Verteilung voraus (18, 19, 20); denn um Aufschluß über die Gestalt einer Verteilung zu bekommen, sind laut IMMICH (18) Stichprobenumfänge von mindestens n = 400 erforderlich. Der Stichprobenumfang meiner Arbeit beträgt aber nur n = 100. Ein weiterer Vorteil ist, daß die Wirksamkeit oder Effizienz des WILCOXON-Tests für große und kleine Stichprobenumfänge bei 95 % liegt (20). Der WILCOXON-Test ist ein reiner Symmetrietest (18, 20). Er prüft, ob die Differenzen der paarig angeordneten Beobachtungen symmetrisch um den Median der Differenzen verteilt sind. Der Median

der Differenzen ist die Differenz, die nicht mehr als die Hälfte aller Differenzen wertmäßig überschreitet und welche nicht von mehr als der Hälfte aller Differenzen wertmäßig überschritten wird. Bei den Differenzen der Beobachtungspaare (z. B. Zahl der Flexura coli sinistra im Stehen minus Zahl der Flexura coli dextra im Liegen) können sich positive und negative Werte oder der Wert Null ergeben. Differenzen mit dem Wert Null scheiden aus dem Testverfahren aus, die anderen werden mit ihren absoluten Beträgen dem Rang nach angeordnet: Der kleinste absolute Betrag erhält die Rangzahl 1, der größte die Rangzahl n. Bei gleich großen absoluten Beträgen wird der Mittelwert der Rangzahlen vergeben. Das Vorzeichen der jeweiligen Differenz wird bei der Rangzahl übernommen. Anschließend wird die Summe der positiven und die der negativen Rangzahlen (R+, R-) gebildet. Als Testgröße dient die kleinere der beiden Rangsummen (R+ oder R-). Die Nullhypothese wird verworfen, wenn der berechnete R-Wert kleiner oder gleich dem kritischen R-Wert der Tabelle 67 von SACHS (20) ist.

Für die Ermittlung der Rangsummen benutzte ich den HEWLETT-PACKARD-Printer 9866 A des Statistischen Instituts im Klinikum Großhadern.* Der WILCOXON-Test wurde für beide gewählten, oben angegebenen Verschlüsselungssysteme durchgeführt. Da für jedes Verschlüsselungssystem die o. g. sechs Ansätze in den

* Ich danke den Herren Selbmann und Hasford vom Statistischen Institut des Klinikums Großhadern der Universität München sehr herzlich für ihre Beratung.

Printer eingegeben wurden, bestand das gesamte Rechenprogramm aus 12 Ansätzen. Dies ermöglichte einen späteren Vergleich der beiden Verschlüsselungssysteme.

Mann-Whitney-Test für unabhängige Stichproben

Dieser Test diente der Beantwortung folgender Frage: Gibt es in der wirbelbezogenen Lage der Colonflexuren und der Lage des Colon transversum einen Unterschied zwischen Mann und Frau?
Dazu wurden die entsprechenden Colonabschnitte einmal im Liegen und einmal im Stehen miteinander verglichen. Es ergaben sich folgende sechs Ansätze:

A. Im Liegen:
   1. Flexura coli sinistra: Mann gegen Frau
   2. Flexura coli dextra: Mann gegen Frau
   3. Colon transversum: Mann gegen Frau
B. Im Stehen:
   1. Flexura coli sinistra: Mann gegen Frau
   2. Flexura coli dextra: Mann gegen Frau
   3. Colon transversum: Mann gegen Frau

Wie beim WILCOXON-Test wurden auch hier für jeden der Ansätze die Nullhypothese H_o und die Alternativhypothese H_1 formuliert. Als Beispiel dient wiederum die Flexura coli sinistra:

H_1: Im Liegen unterscheidet sich die wirbelbezogene Lage der Flexura coli sinistra des Mannes wirklich von der der Frau.

H_o: Im Liegen unterscheidet sich die wirbelbezogene Lage der Flexura coli sinistra des Mannes nicht wirklich von der der Frau, die auftretenden Abweichungen sind zufallsbedingt.

Der MANN-WHITNEY-Test wurde ausgewählt, weil er wie der WILCOXON-Test verteilungsfrei ist (18, 19, 20). Der MANN-WHITNEY-Test prüft die Verteilungen unabhängiger Stichproben, d. h. er vergleicht Beobachtungen im Gegensatz zum WILCOXON-Test nicht an einem, sondern an verschiedenen Patienten (Vergleich: Mann-Frau). Der Test ist sehr empfindlich gegenüber Medianunterschieden, weniger empfindlich bei unterschiedlichen Schiefen der Verteilungen (20). Seine Wirksamkeit oder Effizienz liegt für große und kleine Stichprobenumfänge bei 95 % (20). Der Median einer Stichprobe ist der Wert, welcher nicht mehr als die Hälfte aller Stichprobenwerte überschreitet und welcher von nicht mehr als der Hälfte aller Stichprobenwerte überschritten wird. Den MANN-WHITNEY-Test mußte ich ohne die Hilfe eines Printers durchrechnen, weil das Programm des HEWLETT-PACKARD-Printers nur bis zu einem Stichprobenumfang von n = 40 verwendet werden konnte. Sowohl bei den Frauen als auch bei den Männern lag aber eine Fallzahl von n = 50 vor. Für die Durchführung des Tests schrieb ich die Daten der Tabellen 1, 2, 3 und 4 für jeden Patienten auf einen Zettel.

Dann wurde jeder Colonabschnitt nach folgendem Schema getestet (18): Die 100 Zettel werden nach dem Wert des jeweiligen Colonabschnittes aufsteigend vom kleinsten bis zum größten Wert angeordnet. Die Stichprobe der Männer mischt sich dabei mit der der

Frauen. Anschließend erhält jeder Wert bei Null beginnend eine Rangzahl. Haben mehrere Zettel den gleichen Wert, wird ihnen die mittlere Rangzahl gegeben. Danach trennt man die Frauen wieder von den Männern. Man bildet bei beiden Geschlechtern die Summen der Rangzahlen (R_1, R_2). Mit Hilfe der Summen und der beiden Stichprobenumfänge lassen sich die U-Werte berechnen:

$$U_1 = m\,n + \frac{m(m+1)}{2} - R_1$$

$$U_2 = m\,n + \frac{n(n+1)}{2} - R_2$$

Zahl der Männer = m (50)
Zahl der Frauen = n (50)

Die Werte U_1 und U_2 können nach folgender Formel kontrolliert werden (20): $U_1 + U_2 = m\,n$.
Die kleinere der beiden Größen U_1 und U_2 ist die Prüfgröße. Wenn die berechnete Prüfgröße kleiner oder gleich dem kritischen Wert U (m, n, α) ist, wird die Nullhypothese verworfen.
Der kritische U-Wert berechnet sich für Stichprobenumfänge $m + n > 60$ nach folgender Approximation (20):

$$U(m, n, \alpha) = \frac{n\,m}{2} - z \quad \frac{n\,m\,(m+n+1)}{12}$$

n (50) = Zahl der Frauen
m (50) = Zahl der Männer
α = Irrtumswahrscheinlichkeit

Da das Patientengut aus 50 Männern (m) und 50 Frauen (n) besteht, folgt für die Gleichung der Approximation:

$$U(\alpha) = \frac{2500}{2} - z\,\frac{2500\,(101)}{12}$$

$$U(\alpha) = 1250 - z\ 21041{,}667$$

$$U(\alpha) = 1250 - z\ 145{,}05746$$

Je nach Wahl der Irrtumswahrscheinlichkeit müssen entsprechende z-Werte in die Formel eingesetzt werden. In seiner Tabelle 43 gibt SACHS (20) für jeden α-Wert einen z-Wert für den zweiseitigen Test an. Der Test wird zweiseitig durchgeführt, weil sich die Colonabschnitte im Liegen sowohl höher als auch tiefer als die im Stehen projizieren können. Würden sie sich nur höher oder tiefer projizieren, müßte der Test einseitig durchgeführt werden. Ich habe drei α-Werte ausgesucht und mit den zugehörigen z-Werten für den zweiseitigen Test die kritischen U-Werte nach der Approximationsformel berechnet:

α	z	$U_{kritisch}$
0,05	1,959964	965,6926
0,01	2,575829	876,35679
0,001	3,290527	772,68451

Die Irrtumswahrscheinlichkeit α gibt an, wie groß die Wahrscheinlichkeit für den Fehler 1. Art ist. Der Fehler 1. Art wird begangen, wenn nach dem Testergebnis die Alternativhypothese angenommen wird, obwohl in Wirklichkeit die Nullhypothese H_o richtig wäre (18, 19, 20). Je kleiner man den α-Wert wählt, um so geringer fällt die Wahrscheinlichkeit für den Fehler 1. Art aus, um so größer aber die Wahrscheinlichkeit für den Fehler 2. Art (18, 19, 20). Er wird gemacht, wenn man die Nullhypothese annimmt, obwohl die Alternativhypothese zutrifft (18, 19, 20). Aus diesem Zusammenhang ergeben sich folgende Konsequenzen: Will man geringste Unterschiede im statistischen Testverfahren aufdecken, wählt man eine große Irrtumswahrscheinlichkeit, üblicherweise $\alpha = 0{,}05$ (18). Sollen dagegen Unterschiede erst dann im statistischen Testverfahren nachgewiesen werden, wenn sie stark ausfallen, wird eine kleine Irrtumswahrscheinlichkeit gewählt, üblicherweise $\alpha = 0{,}001$.

Berechnung der Mittelwerte und deren 95%-Konfidenzintervalle

Mit der Siemens-Anlage des Anatomischen Instituts der Universität München wurden die Mittelwerte und deren 95%-Konfidenzintervalle für die Verschlüsselungssysteme 1 - 12 und 1 - 49 berechnet. Das 95%-Konfidenzintervall des Mittelwertes besagt, daß der Mittelwert der Grundgesamtheit mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % in diesem Bereich liegt. Die Angabe mit 95 % ist für biologische Systeme üblich.

ERGEBNISSE

Histogramme der Altersverteilung

Die Abbildungen 20 und 21 zeigen die Altersverteilung der Frauen und Männer meines Patientengutes. Beide Geschlechter sind in sieben Klassen aufgeteilt, wobei jede Klasse 10 Jahrgänge enthält. Ausschlaggebend für die Einstufung in eine Klasse war das Alter zum Zeitpunkt der Untersuchung. Die jüngsten Patienten waren 18 Jahre, die ältesten 87 Jahre alt. Bei den Männern verläuft die Verteilung eingipfelig (Altersgruppe: 48 - 57 Jahre), bei den Frauen zweigipfelig (Altersgruppen: 28 - 37 Jahre und 68 - 77 Jahre).

Der Vergleich der wirbelbezogenen Lage des Colons im Liegen mit der im Stehen

In der Tabelle 5 sind die beiden berechneten Rangsummen (R+) und (R-) und die Fallzahlen (n) des WILCOXON-Tests für die Verschlüsselungssysteme 1 - 12 und 1 - 49 zu sehen. Bei der Auswertung des Tests wird jeweils die kleinere der beiden Rangsummen als Testgröße verwendet. Ist sie kleiner oder gleich dem kritischen R-Wert der Tabelle 67 von SACHS (20), wird die Nullhypothese verworfen, d. h. es gibt einen Unterschied. In der Tabelle 67 von SACHS (20) sind für die Fallzahlen n = 6 bis n = 65 die kritischen R-Werte in Abhängigkeit von der Irrtumswahrscheinlichkeit α für den einseitigen und den zweiseitigen Test angegeben.

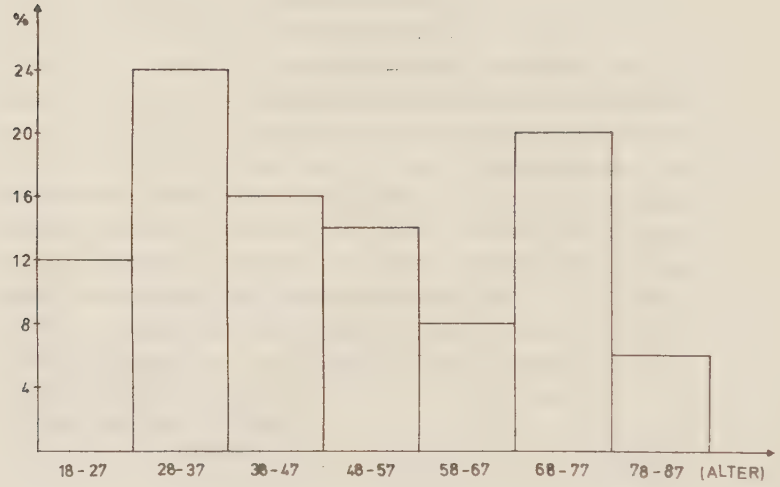


Abb. 20: Histogramm der Altersverteilung bei den Frauen.

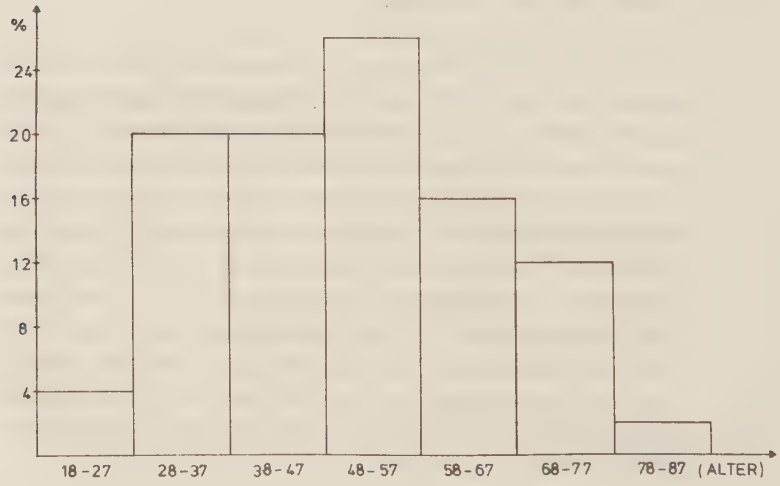


Abb. 21: Histogramm der Altersverteilung bei den Männern.

Tab. 5: ERGEBNISSE DES WILCOXON-TESTS: DER VERGLEICH DER WIRBEL-BEZOGENEN LAGE DES COLONS IM LIEGEN MIT DER IM STEHEN

Verschlüsselungssystem 1 - 12

		R +	R -	Fallzahl n
A.	Mann:			
	1. Flexura coli sinistra	150	150	24
	2. Flexura coli dextra	222,5	372,5	34
	3. Colon transversum	115	236	26
B.	Frau:			
	1. Flexura coli sinistra	209	116	25
	2. Flexura coli dextra	23	277	24
	3. Colon transversum	75	390	30

Verschlüsselungssystem 1 - 49

		R +	R -	Fallzahl n
A.	Mann:			
	1. Flexura coli sinistra	370,5	449,5	40
	2. Flexura coli dextra	363,5	717,5	46
	3. Colon transversum	354	592	43
B.	Frau:			
	1. Flexura coli sinistra	497,5	363,5	41
	2. Flexura coli dextra	165	781	43
	3. Colon transversum	218	728	43

Da sich die Colonabschnitte im Liegen sowohl höher als auch tiefer projizieren als die im Stehen, müssen die kritischen R-Werte der Spalte für den zweiseitigen Test verwendet werden. Projizierten sich die Colonabschnitte im Liegen nur höher oder nur tiefer als die im Stehen, kämen die kritischen R-Werte für den einseitigen Test zur Anwendung.
In der Tabelle 5 wird demonstriert, daß meine Fallzahlen n nie die Fallzahl n = 50 erreichen, obwohl doch 50 Männer und 50 Frauen untersucht werden. Das liegt daran, daß die Paardifferenzen mit dem Wert Null bei dem WILCOXON-Test ausscheiden. Entsprechend verringert sich die Fallzahl pro Testansatz. Gibt man für die Auswertung eine große Irrtumswahrscheinlichkeit $\alpha = 0,05$ vor, um Unterschiede im Liegen und Stehen leichter feststellen zu können, zeigt sich in beiden Verschlüsselungssystemen, daß es bei den Männern bei allen drei Colonabschnitten keinen Unterschied gibt. Nur bei Frauen ist vom Stehen zum Liegen für das Colon transversum und die Flexura coli dextra ein Höhenunterschied nachweisbar. Dieser Unterschied besteht auch noch für eine Irrtumswahrscheinlichkeit $\alpha = 0,01$, d. h. bei 100 Paralleluntersuchungen wird fälschlicherweise einmal kein Unterschied nachzuweisen sein.

Der überraschende Schluß, der aus diesem Vergleich zweier unterschiedlich aufwendiger Methoden gezogen werden kann, ist, daß das Verschlüsselungssystem 1 - 12 in seiner Genauigkeit ausreicht. Das Verschlüsselungssystem 1 - 49 bringt keinen weiteren Informationsgewinn.

Der Vergleich der wirbelbezogenen Lage des Colons der Frau mit der des Mannes

Die Tabelle 6 zeigt die berechneten Werte U_1 und U_2 des MANN-WHITNEY-Tests für die Verschlüsselungssysteme 1 - 12 und 1 - 49. Der kleinere der beiden wird mit dem kritischen U-Wert verglichen, der von der Irrtumswahrscheinlichkeit α abhängt. Ist jener kleiner oder gleich dem kritischen U-Wert, wird die Nullhypothese abgelehnt, d. h. ein Unterschied ist nicht zufallsbedingt, sondern es gibt ihn wirklich. Die kritischen U-Werte, die für die Irrtumswahrscheinlichkeiten $\alpha_1 = 0{,}05$, $\alpha_2 = 0{,}01$ und $\alpha_3 = 0{,}001$ mit der Approximationsformel berechnet wurden, sind $U_{k1} = 965{,}6926$, $U_{k2} = 876{,}35679$, $U_{k3} = 772{,}68451$. Werden die drei Irrtumswahrscheinlichkeiten bei der Auswertung des MANN-WHITNEY-Tests nacheinander vorgegeben, ist ein Unterschied zwischen Mann und Frau nur für die wirbelbezogene Lage des Colon transversum zu finden. Er zeigt sich im Stehen wie auch im Liegen in beiden Verschlüsselungssystemen für alle drei vorgegebenen Irrtumswahrscheinlichkeiten. Die Irrtumswahrscheinlichkeit $\alpha = 0{,}001$ besagt, daß bei 1000 Paralleluntersuchungen nur einmal fälschlicherweise kein Unterschied nachgewiesen werden kann. Es ist erneut deutlich geworden, daß das genauere und aufwendigere Verschlüsselungssystem 1 - 49 keine verwertbaren Vorteile gegenüber dem gröberen Verschlüsselungssystem 1 - 12 bietet.

Tab. 6: ERGEBNISSE DES MANN-WHITNEY-TESTS: DER VERGLEICH DER WIRBEL-BEZOGENEN LAGE DES COLONS DES MANNES MIT DER DER FRAU

Verschlüsselungssystem 1 - 12

		U_1	U_2
A.	Im Liegen:		
	1. Flexura coli sinistra	1120,5	1379,5
	2. Flexura coli dextra	1179	1321
	3. Colon transversum	742	1758
B.	Im Stehen:		
	1. Flexura coli sinistra	1216,5	1283,5
	2. Flexura coli dextra	1036	1464
	3. Colon transversum	595	1905

Verschlüsselungssystem 1 - 49

		U_1	U_2
A.	Im Liegen:		
	1. Flexura coli sinistra	1115,5	1384,5
	2. Flexura coli dextra	1178	1322
	3. Colon transversum	745	1755
B.	Im Stehen:		
	1. Flexura coli sinistra	1218	1282
	2. Flexura coli dextra	1104	1396
	3. Colon transversum	611,5	1888,5

Histogramme der wirbelbezogenen Lage der Flexura coli sinistra, der Flexura coli dextra und des Colon transversum

Um zu veranschaulichen, wie sich die drei Colonabschnitte auf die Wirbelsäule projizieren, wurden Histogramme angefertigt. Sie lassen auf einen Blick die Reichweite und die häufigste Lokalisation (Modalwert) des jeweiligen Colonabschnittes erkennen. Die Histogramme wurden für die Projektion der Colonabschnitte auf die Höhe eines ganzen Wirbelkörpers ohne Berücksichtigung der Bandscheibe und für die Projektion der Colonabschnitte auf ein Drittel der Höhe eines Wirbelkörpers unter Berücksichtigung der Bandscheibe gezeichnet.

Relativer Bezug zur Höhe eines ganzen Wirbelkörpers

In den Abbildungen 22 bis 33 sind die wirbelbezogenen Verteilungen der Flexura coli sinistra, der Flexura coli dextra und des Colon transversum zu sehen. Von jedem dieser Colonabschnitte existieren vier Verteilungen: die der Frau und die des Mannes, jeweils im Stehen und im Liegen.
Wird die Trennung nach Geschlecht und Lagerung des Patienten aufgehoben, lassen sich die vier Reichweiten von jedem der drei Colonabschnitte zusammenfassen. Die Flexura coli sinistra erstreckt sich dann vom 9. Brustwirbel bis zum 4. Lendenwirbel, die Flexura coli dextra vom 10. Brustwirbel bis zum 5. Lendenwirbel und das Colon transversum vom 1. Lendenwirbel bis zum hypothetischen Wirbel L_3'. Die Reichweite dieser Colonabschnitte umfaßt somit immer acht Wirbel.

Ebenso kann der Wirbel angegeben werden, auf den sich ein Colonabschnitt am häufigsten höhenmäßig projiziert. Das ist der 12. Brustwirbel bei der Flexura coli sinistra und der 1. Lendenwirbel bei der Flexura coli dextra. Das Colon transversum projiziert sich bei Männern meistens auf den 4. Lendenwirbel, bei Frauen hauptsächlich auf den hypothetischen Wirbel L_1'.

PROJEKTION DER LINKEN COLON-FLEXUR BEI DER FRAU AUF DIE WIRBELSÄULE
(Bezug auf ganze Wirbel)

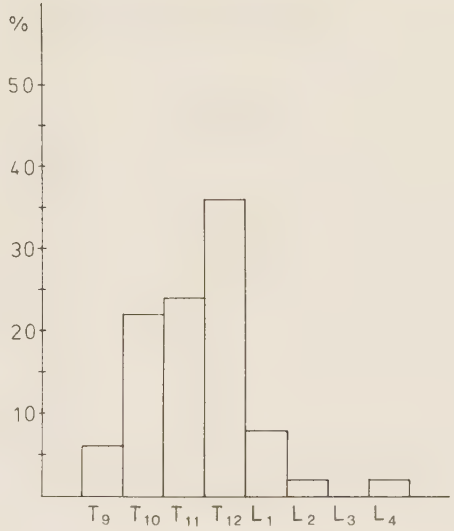


Abb. 22: Im Stehen.

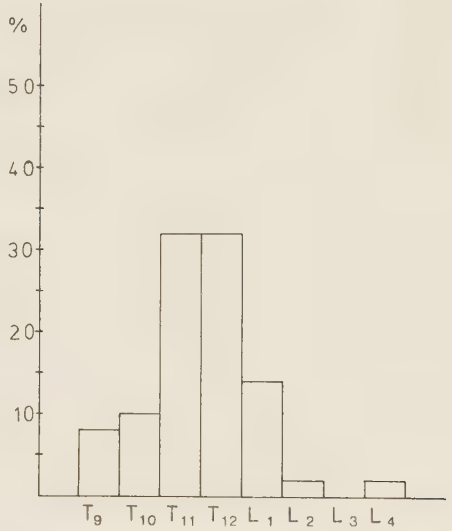


Abb. 23: Im Liegen.

PROJEKTION DER LINKEN COLON-FLEXUR BEIM MANN AUF DIE WIRBELSÄULE
(Bezug auf ganze Wirbel)

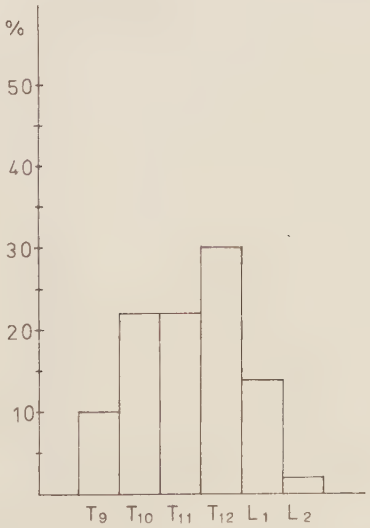


Abb. 24: Im Stehen.

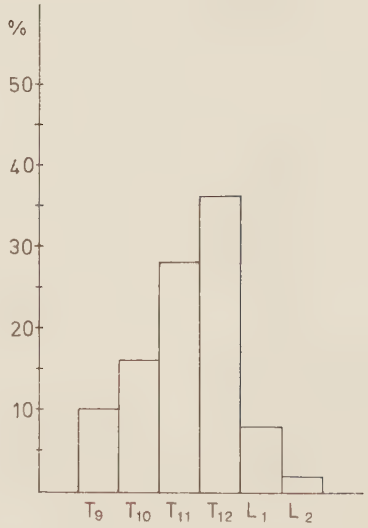


Abb. 25: Im Liegen.

PROJEKTION DER RECHTEN COLON-FLEXUR BEI DER FRAU AUF DIE WIRBELSÄULE
(Bezug auf ganze Wirbel)

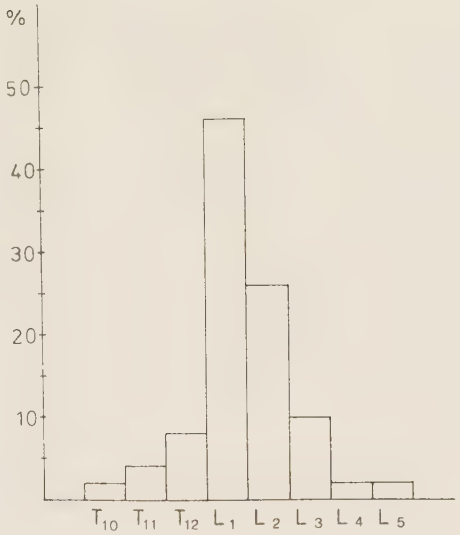


Abb. 26: Im Stehen.

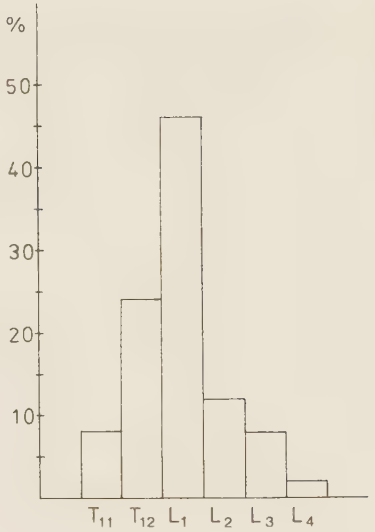


Abb. 27: Im Liegen.

PROJEKTION DER RECHTEN COLON-FLEXUR BEIM MANN AUF DIE WIRBELSÄULE
(Bezug auf ganze Wirbel)

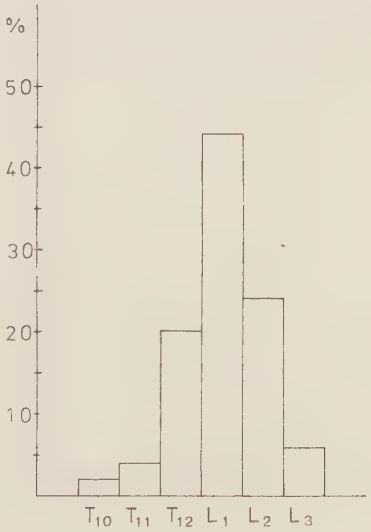


Abb. 28: Im Stehen.

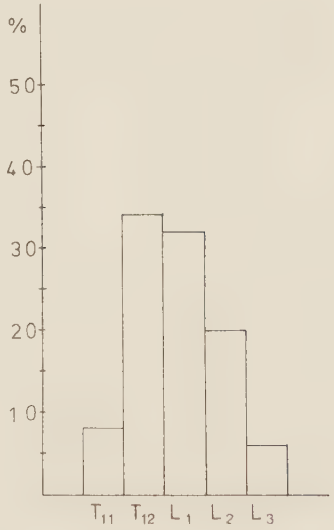


Abb. 29: Im Liegen.

PROJEKTION DES COLON TRANSVERSUM BEI DER FRAU AUF DIE WIRBELSÄULE
(Bezug auf ganze Wirbel)

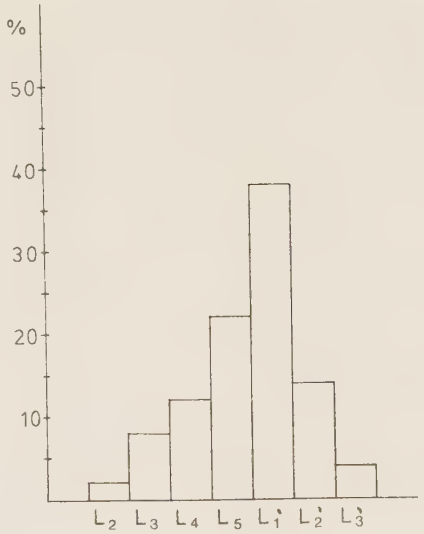


Abb. 30: Im Stehen.

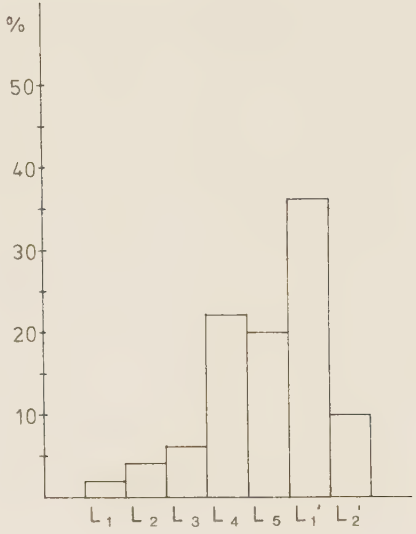


Abb. 31: Im Liegen.

PROJEKTION DES COLON TRANSVERSUM BEIM MANN AUF DIE WIRBELSÄULE
(Bezug auf ganze Wirbel)

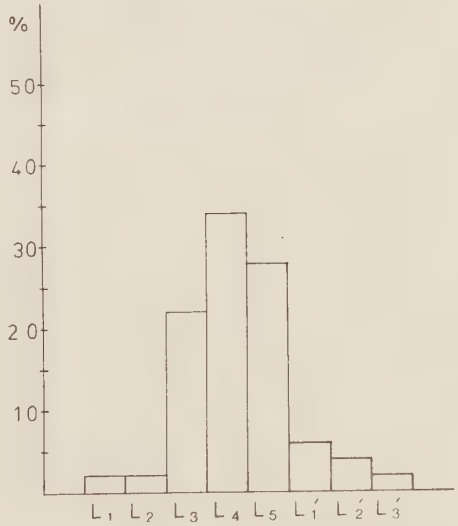


Abb. 32: Im Stehen.

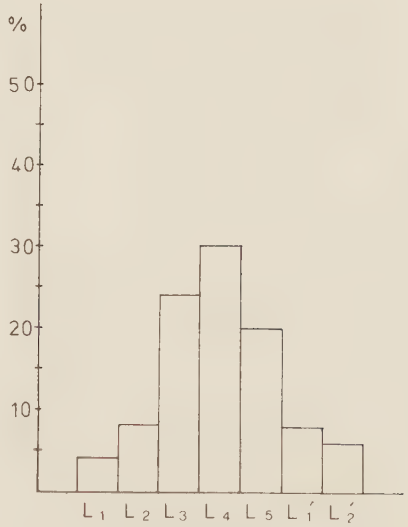


Abb. 33: Im Liegen.

Relativer Bezug zum Drittel einer Wirbelkörperhöhe

Die wirbelbezogenen Verteilungen mit dieser Genauigkeit zeigen die Abbildungen 34 - 45. Die Reichweiten der einzelnen Colonabschnitte werden wiederum zusammengefaßt. Die Flexura coli sinistra erstreckt sich von der Bandscheibe zwischen dem 8. und 9. Brustwirbel bis zum mittleren Drittel des 4. Lendenwirbels, die Flexura coli dextra von dem unteren Drittel des 10. Brustwirbels bis zum oberen Drittel des 5. Lendenwirbels, das Colon transversum vom mittleren Drittel des 1. Lendenwirbels bis zum oberen Drittel des hypothetischen Wirbels L_3'.
Ein bestimmtes Drittel oder eine bestimmte Bandscheibe als die häufigste Lokalisation lassen sich weder für die Flexura coli sinistra noch für die Flexura coli dextra noch für das Colon transversum angeben, weil sie sich mit gleicher Häufigkeit auf mehrere Drittel unterschiedlicher Wirbel projizieren. Das hängt mit der Klassenzahl dieses Projektionsschemas (System 1 - 49) zusammen. Die 50 Fälle verteilen sich pro Colonabschnitt im Mittel auf 18 von 49 möglichen Klassen. Die Klassenzahl von 18 ist für die Fallzahl von 50 zu hoch. Die Folge ist, daß die wirbelbezogenen Verteilungen der Colonabschnitte gelichtet erscheinen und mehrere Gipfel besitzen (Abb. 34 - 45).

Nach IMMICH (18) soll die Klassenzahl nicht die Wurzel aus der Fallzahl übersteigen. Die geeignete Klassenzahl für die Fallzahl 50 wäre demnach 7. Diese Voraussetzung trifft bei meinen Untersuchungen bei der Projektion auf ganze Wirbel zu. Die Colonabschnitte verteilen sich im Durchschnitt auf sieben von zwölf möglichen Wirbeln (Klassen): System 1 - 12. Deshalb erscheinen diese Verteilungen nicht gelichtet und besitzen auch nur einen Gipfel (Abb. 22 - 33).

PROJEKTION DER LINKEN COLON-FLEXUR BEI DER FRAU
AUF DIE WIRBELSÄULE
(Bezug auf ein Drittel der Wirbelkörperhöhe)

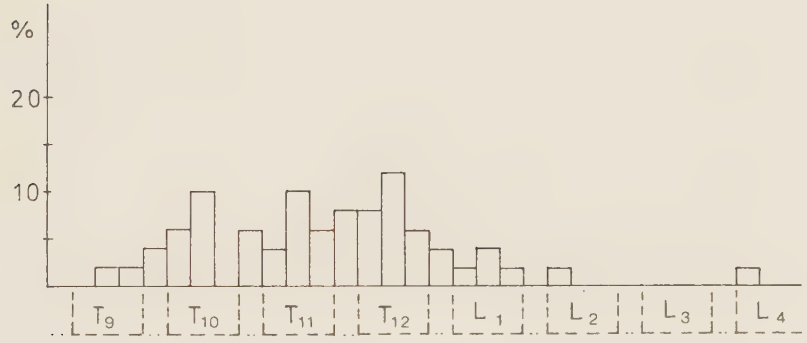


Abb. 34: Im Stehen.

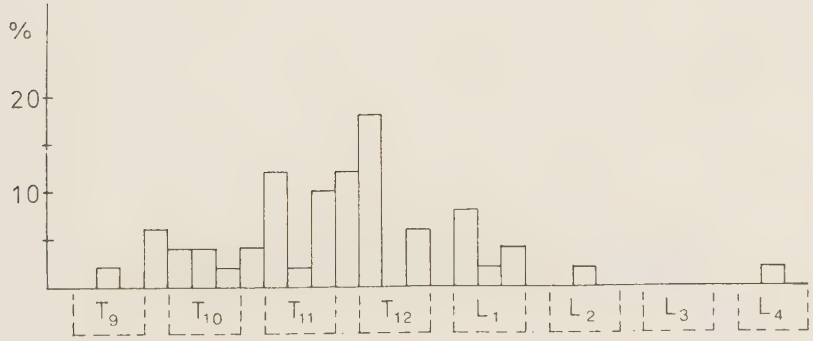


Abb. 35: Im Liegen.

PROJEKTION DER LINKEN COLON-FLEXUR BEIM MANN
AUF DIE WIRBELSÄULE
(Bezug auf ein Drittel der Wirbelkörperhöhe)

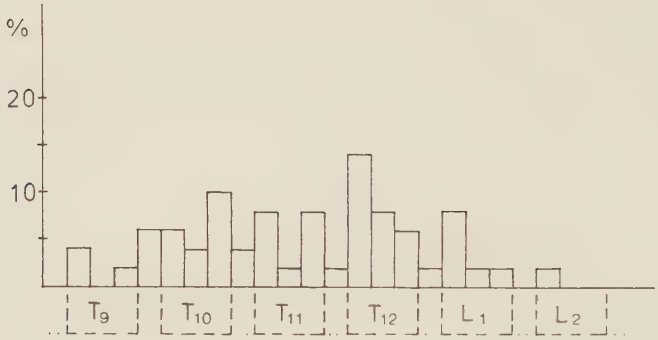


Abb. 36: Im Stehen.

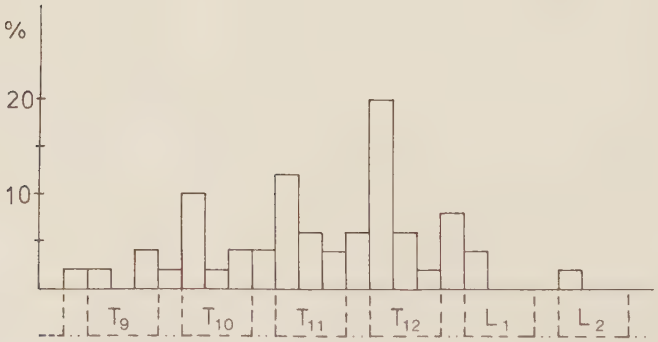


Abb. 37: Im Liegen.

PROJEKTION DER RECHTEN COLON-FLEXUR BEI DER FRAU
AUF DIE WIRBELSÄULE
(Bezug auf ein Drittel der Wirbelkörperhöhe)

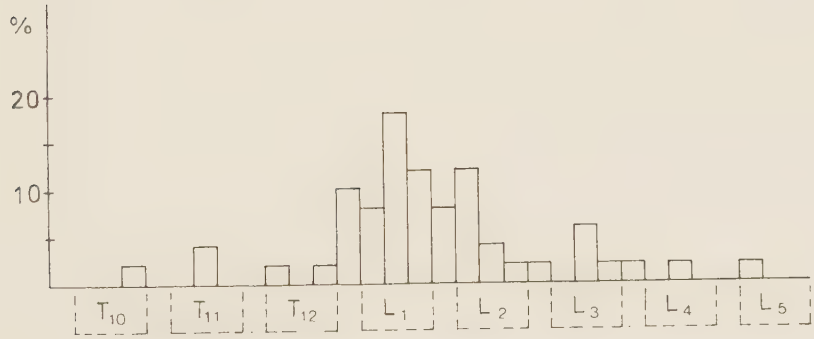


Abb. 38: Im Stehen.

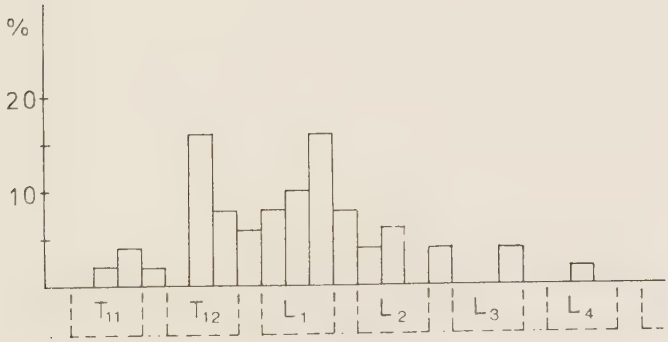


Abb. 39: Im Liegen.

PROJEKTION DER RECHTEN COLON-FLEXUR BEIM MANN
AUF DIE WIRBELSÄULE
(Bezug auf ein Drittel der Wirbelkörperhöhe)

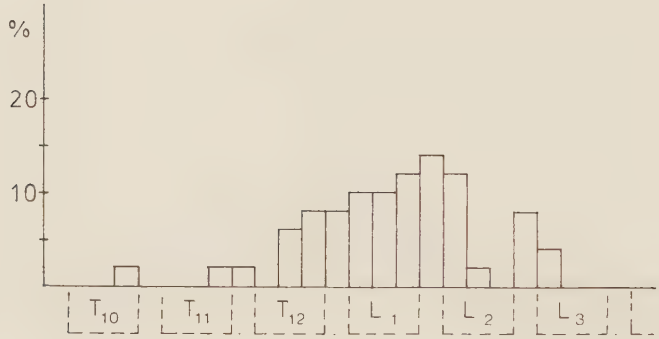


Abb. 40: Im Stehen.

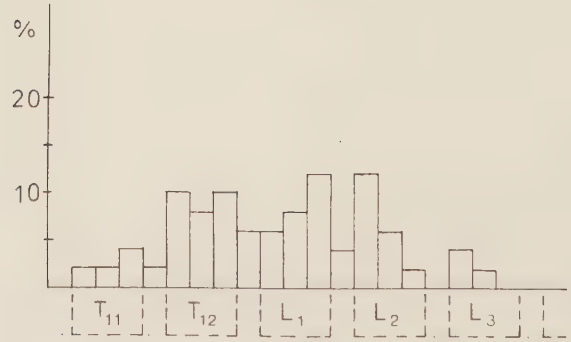


Abb. 41: Im Liegen.

PROJEKTION DES COLON TRANSVERSUM BEI DER FRAU
AUF DIE WIRBELSÄULE
(Bezug auf ein Drittel der Wirbelkörperhöhe)

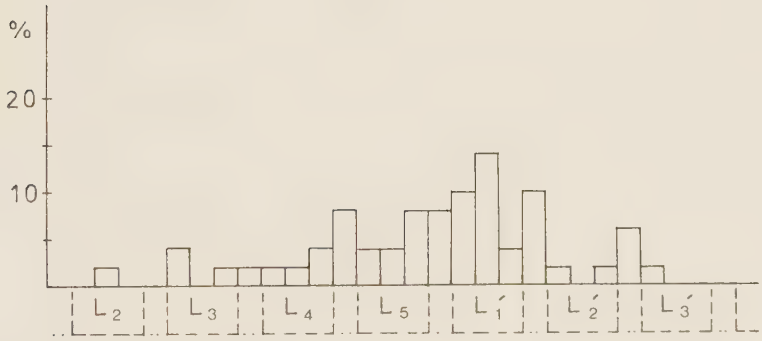


Abb. 42: Im Stehen.

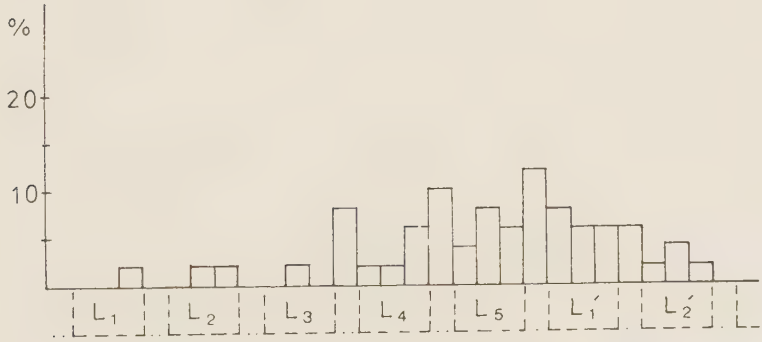


Abb. 43: Im Liegen.

PROJEKTION DES COLON TRANSVERSUM BEIM MANN
AUF DIE WIRBELSÄULE
(Bezug auf ein Drittel der Wirbelkörperhöhe)

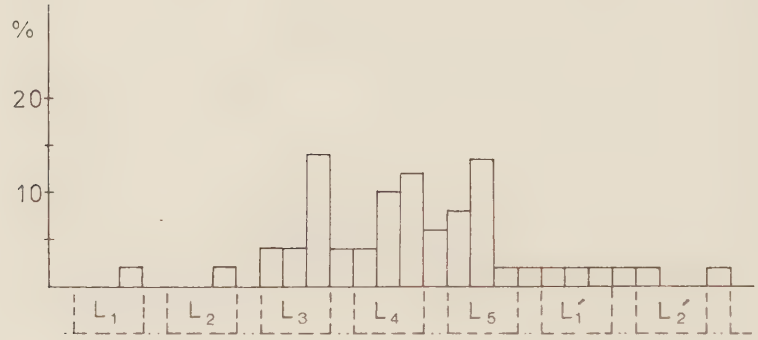


Abb. 44: Im Stehen.

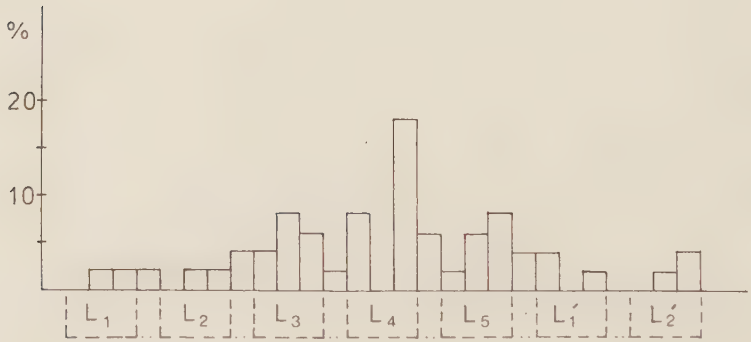


Abb. 45: Im Liegen.

Mittelwerte und deren 95%-Konfidenzintervalle für die Lage der Flexura coli sinistra, der Flexura coli dextra und des Colon transversum

Die Tabelle 7 zeigt die Mittelwerte und die 95%-Konfidenzintervalle der Mittelwerte für das Verschlüsselungssystem 1 - 12, die Tabelle 8 für das Verschlüsselungssystem 1 - 49. Während die reinen Rechnungen problemlos sind, ist ihre graphische Darstellung in Bezug auf anatomische Gegebenheiten schwierig. Das Verschlüsselungssystem 1 - 12 ist dazu ungeeignet, weil es die Bandscheiben nicht berücksichtigt. So stellt sich z. B. die Frage, welchem Wirbel der Mittelwert der Flexura coli sinistra von 3,2 zugeordnet werden soll. Nach dem Verschlüsselungssystem entspricht der Zahl 3 der 11. Brustwirbel, der Zahl 4 der 12. Brustwirbel. Der Bandscheibe, auf die die Flexura coli sinistra nun eigentlich zum Liegen käme, ist aber keine Zahl zugewiesen. Der Mittelwert der Flexura coli sinistra kann deshalb nicht in einer Graphik festgelegt werden.

Dies ist aber beim Verschlüsselungssystem 1 - 49 möglich, weil es auch den Bandscheiben Zahlen zuteilt. Betrachten wir zu diesem Problem noch einmal die Abb. 18, die die Systematik der Verschlüsselung 1 - 49 veranschaulicht. Man braucht sich nur vorzustellen, daß die Zahlen 1 - 49 die Zentimeterangaben eines Meterstabes sind. Denkt man sich die Millimeter hinzu, kann der Mittelwert der Flexura coli sinistra im Liegen von 11,4 leicht in eine Graphik eingetragen werden.

Tab. 7: DIE MITTELWERTE UND DEREN 95%-KONFIDENZINTERVALLE:
Verschlüsselungssystem 1 - 12

		Mittelwert	95%-Konfidenzintervall obere Grenze	untere Grenze
A.	Männer:			
1.	Flexura coli sinistra im Liegen	3,2	2,9	3,6
2.	Flexura coli sinistra im Stehen	3,2	2,9	3,6
3.	Flexura coli dextra im Liegen	4,8	4,5	5,1
4.	Flexura coli dextra im Stehen	5,0	4,7	5,3
5.	Colon transversum im Liegen	8,0	7,6	8,4
6.	Colon transversum im Stehen	8,3	7,9	8,6

		Mittelwert	95%-Konfidenzintervall obere Grenze	untere Grenze
A.	Frauen:			
1.	Flexura coli sinistra im Liegen	3,5	3,1	3,9
2.	Flexura coli sinistra im Stehen	3,3	3,0	3,7
3.	Flexura coli dextra im Liegen	4,9	4,6	5,3
4.	Flexura coli dextra im Stehen	5,4	5,0	5,7
5.	Colon transversum im Liegen	9,0	8,6	9,4
6.	Colon transversum im Stehen	9,5	9,1	9,9

Tab. 8: DIE MITTELWERTE UND DEREN 95%-KONFIDENZINTERVALLE:
Verschlüsselungssystem 1 - 49

		Mittelwert	95%-Konfidenzintervall obere Grenze	untere Grenze
A.	Männer:			
1.	Flexura coli sinistra im Liegen	11,4	10,1	12,7
2.	Flexura coli sinistra im Stehen	11,6	10,2	13,0
3.	Flexura coli dextra im Liegen	18,3	17,2	19,5
4.	Flexura coli dextra im Stehen	19,4	18,4	20,4
5.	Colon transversum im Liegen	31,4	29,8	33,0
6.	Colon transversum im Stehen	32,2	30,8	33,5

		Mittelwert	95%-Konfidenzintervall obere Grenze	untere Grenze
A.	Frauen:			
1.	Flexura coli sinistra im Liegen	12,8	11,3	14,2
2.	Flexura coli sinistra im Stehen	12,3	10,9	13,8
3.	Flexura coli dextra im Liegen	18,7	17,4	20,0
4.	Flexura coli dextra im Stehen	20,4	19,1	21,8
5.	Colon transversum im Liegen	35,1	33,6	36,6
6.	Colon transversum im Stehen	36,1	34,1	38,0

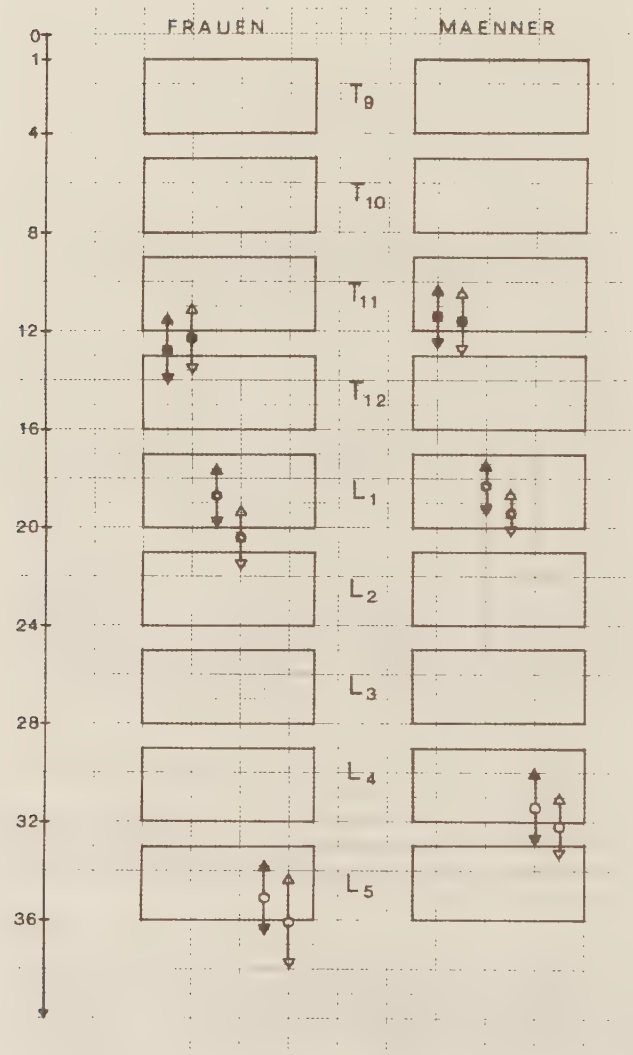


Abb. 46: Mittelwerte und deren 95%-Konfidenzintervalle
Flexura coli sinistra ●
Flexura coli dextra ⊙
Colon transversum ○
Im Liegen ⟷ Im Stehen ⟷

Man muß sich nur klar machen, daß die Oberkante der Bandscheibe zwischen T_8 und T_9 den Wert 0 erhält, die Oberkante von T_9 (= Unterkante der eben erwähnten Bandscheibe) den Wert 1, die untere Begrenzungslinie des oberen Drittels von T_9 den Wert 2, die untere Begrenzungslinie des mittleren Drittels von T_9 den Wert 3 usw. Ein Wert von 2,6 gehört also zum mittleren Drittel von T_9, ein Wert von 11,4 zum unteren Drittel von T_{11} und ein Wert von 31,4 zum unteren Drittel von L_4. In der Abbildung 46 sind die Mittelwerte und deren Konfidenzintervalle nach diesem Prinzip eingezeichnet. Auf der linken Seite sind 36 Zahlen des Verschlüsselungssystem 1 - 49 eingetragen.

Die wirbelbezogene Lage des Caecum

Weil das Caecum in den meisten Fällen auf dem Röntgenbild abgeschnitten und dessen unterster Punkt deshalb nicht genauer zu bestimmen war, begnüge ich mich mit folgenden Angaben:
Mit seinem tiefsten Punkt projiziert sich das Caecum höhenmäßig bei Männern in 2 % auf den 4. Lendenwirbel, in 45 % auf den 5. Lendenwirbel und in 53 % liegt es unter dem 5. Lendenwirbel. Bei Frauen befindet es sich zu 1 % in Höhe des 4. Lendenwirbels, zu 29 % in Höhe des 5. Lendenwirbels und in 70 % stand es tiefer als der 5. Lendenwirbel. Werden Frauen und Männer zusammengefaßt, projizierte sich das Caecum in 1,5 % auf den 4. Lendenwirbel, in 37 % auf den 5. Lendenwirbel und in 61,5 % tiefer als der 5. Lendenwirbel, also auf das Os sacrum.

Die wirbelbezogene Lage des Colon sigmoideum

Nebenher versuchte ich, den Verlaufsbereich des Sigma höhenmäßig festzuhalten. Das Colon sigmoideum konnte aber aus mehreren Gründen keinem bestimmten Wirbel in der Höhe zugeordnet werden: So war es mir unmöglich, im Röntgenbild den Übergang zwischen Colon descendens und Colon sigmoideum genau festzulegen, was auch von SCHINZ bestätigt wird (46). Das gleiche gilt für den Übergang zwischen Colon sigmoideum und Colon rectum. Anfang und Ende des Colon sigmoideum lassen sich somit röntgenologisch nicht genau bestimmen. Außerdem weist es zu komplizierte Formen auf (s-förmig, spiralförmig, Form einer "Acht"). Ein definierter Punkt für den Höhenbezug von Anfang und Ende des Colon sigmoideum zur Wirbelsäule kann ich daher auf der Basis von Röntgenaufnahmen nicht angeben.

Formen des Colon transversum

Das Colon transversum sollte seinem Namen nach quer zwischen den beiden Flexuren verlaufen. Der gerade quere Verlauf trifft nur äußerst selten zu. Neben undefinierbaren Formen nimmt es häufiger die Form eines U, V, W oder einer Treppe an, die von der Flexura coli dextra zur Flexura coli sinistra hin aufsteigt. Das U kam bei Männern und Frauen am meisten vor. Das Verteilungsmuster der einzelnen Formen zeigt die Tabelle 9. Bei der Durchsicht der Röntgenbilder fiel auf, daß eigentlich jeder Patient sein typisches Colon transversum besitzt, dessen Form sich im Stehen von der im Liegen kaum unterscheidet.

Tab. 9: FORMEN DES COLON TRANSVERSUM

	Frauen	Männer
u-förmig	38 %	33 %
v-förmig	30 %	25 %
w-förmig	20 %	12 %
treppenförmig	9 %	24 %
sonstige Formen	3 %	6 %

DISKUSSION

Bis auf wenige Ausnahmen wird die Lage der Colonabschnitte in den Büchern und Zeitschriften der Anatomie, Radiologie, Pathologie und Chirurgie nicht auf das Skelett, sondern auf Organe und Muskeln in der Nachbarschaft bezogen (21 - 49). Weil die Beschreibungen in ihrem Inhalt und Wortlaut sehr ähnlich sind, zitiere ich stellvertretend für alle die detaillierten Angaben von Peter BROWN (24): "Das Caecum liegt auf dem rechten M. iliopsoas und wird in der Regel vollständig von Bauchfell umgeben. Das Colon ascendens zieht von der rechten Fossa iliaca über die Crista iliaca in einer Rinne, die von den Mm. quadratus lumborum und transversus einerseits, dem M. psoas major andererseits gebildet wird, aufwärts bis zur Flexura coli dextra.
Meist ist das Colon ascendens nur an der Vorderfläche von Peritoneum überzogen und grenzt hinten an

das retroperitoneale Bindegewebe. Die Flexura coli dextra kreuzt den unteren Nierenpol. Das anschließende Colon transversum liegt völlig intraperitoneal. Das Mesocolon transversum ist lateral kürzer als medial, so daß der mediale Abschnitt des Colon transversum sehr beweglich ist. Das Quercolon lagert sich rechts dem rechten Leberlappen und der Gallenblase, links der großen Kurvatur des Magens an: Es liegt vor dem Duodenum und dem Kopf des Pankreas.
Die Flexura coli sinistra steht wesentlich höher als die Flexura hepatica und reicht bis zum unteren Pol der Milz hinauf. Das Colon descendens ist wie der aufsteigende Dickdarm nur vorn und seitlich von Bauchfell bedeckt, hinten dagegen mit dem retroperitonealen Bindegewebe verwachsen.

Es geht in Höhe der Crista iliaca in das Colon sigmoideum über. Dieses besitzt ein Mesocolon, das s-förmig an der hinteren Bauchwand entspringt und an dessen unterer Schleife sich der Recessus intersigmoideus befindet. Diese Bauchfelltasche liegt in Höhe des Promontoriums. In Höhe des 2. bis 3. Sakralwirbels geht das Colon sigmoideum in das Rektum über."

Von den Autoren, die die Lage des Colons auch auf das Skelett beziehen (50 - 60), gibt nur TÖNDURY (60) Reichweiten für die Flexura coli sinistra und die Flexura coli dextra an: Die Flexura coli sinistra erstreckt sich dabei vom 10. Brust- bis zum 3. Lendenwirbel und die Flexura coli dextra vom 12. Brust- bis zum 4. Lendenwirbel. Die Reichweiten, die ich gefunden habe, fallen für beide Flexuren nach oben und unten größer aus; Flexura coli sinistra: T_9

bis L_4, Flexura coli dextra: T_{10} bis L_5. Die Abweichungen könnten durch unterschiedliche Meßwertmethoden bedingt sein. Die Überlappung der von TÖNDURY und mir beobachteten Reichweiten der Colonflexuren untermauert, daß es unzureichend ist, die Lage der Flexuren wie allgemein üblich mit nur je einem Wirbel anzugeben. So ordnet beispielsweise PERNKOPF (54) die Flexura coli sinistra der Höhe des 12. Brustwirbels und die Flexura coli dextra der Höhe des 1. Lendenwirbels zu. Diese Angaben stimmen mit den häufigsten Lokalisationen überein, die ich für die beiden Flexuren gefunden habe. REIFFERSCHEID (59) projiziert beide Colonflexuren etwas zu verallgemeinernd auf die Höhe des 1. Lendenwirbels. Im Gegensatz zu ihm habe ich wie die meisten anderen Autoren festgestellt, daß die Flexura coli sinistra in der Regel höher als die Flexura coli dextra steht.
In einigen Büchern und Zeitschriften beziehen sich die Lageangaben der Colonflexuren auf die Rippen (44, 50, 51, 53, 55, 57). Dabei werden für jede der Colonflexuren sowohl eine als auch mehrere Rippen genannt. Die Aussagen weichen erheblich voneinander ab. Zur Interpretation wäre es wichtig, zu wissen, auf welchen Teil der Rippen sich die Autoren bei ihren Angaben beziehen. Diese Hinweise fehlen aber leider. Da die Stellung der Rippen zusätzlich von der momentanen Atemlage abhängt, halte ich die Festlegung der Höhe der Colonflexuren auf Wirbel für exakter.

Für das C o l o n t r a n s v e r s u m konnte ich keine wirbelbezogenen Angaben über die Reichweite und die häufigste Lokalisation finden. In der Literatur (13, 23, 25, 29, 45, 46, 47) wird sich mit

der Feststellung begnügt, daß das Quercolon im Verlauf sehr variabel ist und oft bis unter den Bauchnabel oder in das kleine Becken reicht. Die Verlagerung des Quercolons bis in das kleine Becken entspricht auch meinen Beobachtungen, die Reichweiten von L_1 bis zum Os sacrum hinab beinhalten. Mein Ergebnis des MANN-WHITNEY-Tests, daß sich die Lage des Colon transversum beim Mann von der bei der Frau unterscheidet, wird von CORNING (22) und BACON (58) bestätigt. Das Colon transversum der Frau steht tiefer als das des Mannes (22, 58). Dies zeigt sich auch bei den Modalwerten meiner Histogramme: Der Höhenbezug des Colon transversum projiziert sich bei den Männern meines Patientengutes am häufigsten auf den 4. Lendenwirbel, bei den Frauen am häufigsten auf das Os sacrum. Das nur in seltenen Fällen waagrecht verlaufende Colon transversum war meistens u-förmig, außerdem v-, w- und treppenförmig. Da ich mit der Beschreibung "treppenförmig" Angaben wie s- und m-förmig zusammenfasse, decken sich meine Beobachtungen mit denen anderer Autoren (z. B. 5, 45).

In der Literatur konnte ich keine Angaben über Höhenbezüge des Caecum auf die Wirbel finden. TÖNDURY (60) ordnet das Caecum der Fossa iliaca dextra zu. Er spricht von einem Hochstand, wenn es zwischen Crista iliaca und Unterfläche des rechten Leberlappens gefunden wird, von einem Tiefstand, wenn es über die Linea terminalis in die Beckenhöhle hineinragt, eine Lagevariante, die häufiger bei Frauen als bei Männern zu beobachten ist (60). Ich kann diese Beobachtung bestätigen. Bei den Männern stand bei meinen Untersuchungen das Caecum in 53 % unter dem 5. Lendenwirbel, bei den Frauen in 70 %.

Ein Colonabschnitt, der statistisch gesichert im Liegen eine andere Position einnimmt als im Stehen, ist beweglicher als ein Colonabschnitt, bei dem dieser Unterschied nicht festgestellt werden kann. Demnach müssen nach meinen Befunden die Flexura coli dextra und das Colon transversum der Frau beweglicher sein als die entsprechenden Colonabschnitte beim Mann, die keinen Höhenunterschied vom Liegen zum Stehen aufweisen. Die Flexura coli sinistra beim Mann ist ebenso beweglich wie bei der Frau, eine Höhenverlagerung vom Liegen zum Stehen ist in beiden Fällen nicht nachweisbar. Fast alle Autoren stimmen darin überein, daß die Flexura coli sinistra wohl fester fixiert sein muß als die Flexura coli dextra und das Colon transversum. Dies entspricht in etwa auch meinen Ergebnissen, allerdings differenzieren die anderen Autoren nicht zusätzlich noch nach den Geschlechtern. Nach meinen Beobachtungen muß ich allerdings einschränken, daß sich beim Mann die Flexura coli sinistra, die Flexura coli dextra und das Colon transversum in ihrer Beweglichkeit etwa gleichartig verhalten.

Nur wenige Autoren unterscheiden bei ihren Angaben über die Beweglichkeit des Colon transversum zwischen Mann und Frau (22, 58). Die Befunde von CORNING (22), BACON und RECIO (58) decken sich mit meinen, daß das Colon transversum der Frau beweglicher ist. MOODY, VAN NUYS, CHAMBERLAIN (52) und BACON (58) geben die Beweglichkeit sogar in Zentimetern an. Aus den in meinem Kapitel "Das Messen, eine absolute Methode" erwähnten Gründen kann ich diese Methode nicht empfehlen. Im Röntgenbild herrscht kein linearer Maßstab vor.

ZUSAMMENFASSUNG

An Hand von Doppelkontraströntgenbildern wurden bei 50 Männern und 50 Frauen die wirbelbezogenen Lagen der Colonflexuren und des Colon transversum im Liegen und im Stehen bestimmt. Es wurden sowohl ganze Wirbelkörpervorderflächen als auch deren Drittel als Höhenbezug gewählt. Die Ergebnisse werden in Histogrammen gezeigt.

Die Flexura coli sinistra reicht vom mittleren Drittel von T_{11} bis zum oberen Drittel von T_{12} (MW und 95%-Konfidenzintervall).
Die Flexura coli dextra reicht vom oberen Drittel von L_1 bis zum oberen Drittel von L_2 (MW und 95%-Konfidenzintervall).
Das Colon transversum des Mannes erstreckt sich vom mittleren Drittel von L_4 bis zum oberen Drittel von L_5 (MW und 95%-Konfidenzintervall).
Das Colon transversum der Frau reicht vom oberen Drittel von L_5 bis zum oberen Drittel von S_1 (MW und 95%-Konfidenzintervall).

Eine signifikante Veränderung der wirbelbezogenen Lage ließ sich beim Wechsel vom Liegen zum Stehen nur für die Flexura coli dextra und das Colon transversum der Frau nachweisen. Keine signifikante Lageveränderung ergab sich für die Flexura coli sinistra der Frau, die beiden Colonflexuren und das Colon transversum des Mannes. Die lehrbuchmäßige Ansicht, daß die Colonflexuren und das Colon transversum generell beim Liegen höher stehen als beim aufrechten Stand, kann ich nicht bestätigen.

LITERATUR

1. BUCKSTEIN, J.:
The digestive tract in roentgenology. 2. Aufl., J. B. Lippincott Co., Philadelphia-London-Montreal 1948.

2. SEHRWALD, E.:
Das Verhalten der Halogene gegen Röntgenstrahlen. D. med. Wschr. 22, 477 - 480 (1896).

3. WEGELE, C.:
Ein Vorschlag zur Anwendung des Röntgenschen Verfahrens in der Medizin. D. med. Wschr. 22, 287 (1896).

4. LINDEMANN, E.:
Demonstration von Röntgenbildern des normalen und erweiterten Magens. D. med. Wschr. 23, 266 - 267 (1897).

5. RIEDER, H.:
Beiträge zur Topographie des Magen-Darmkanales beim lebenden Menschen nebst Untersuchungen über den zeitlichen Ablauf der Verdauung. Fortschr. Geb. d. Röntgenstr. 8, 141 - 172 (1905).

6. SCHINZ, H. R.:
60 Jahre medizinische Radiologie. G. Thieme, Stuttgart 1959.

7. HASSELWANDER, A.:
Die Röntgenstrahlen der Anatomie. In: RIEDER, H., ROSENTHAL, J.: Lehrbuch der Röntgenkunde. 2. Bd., 1. Aufl., J. A. Barth, Leipzig 1918.

8. HASSELWANDER, A.:
Beiträge zur Methodik der Röntgenographie,
2. Die Stereoröntgenogrammetrie.
Fortschr. Geb. d. Röntgenstr. 24, 345 - 368
(1916/17).

9. BROWN, S., FINE, A.:
Surgical anatomy of the abdomen. Radiology 28,
73 - 84 (1937).

10. WHALEN, J. P., RIEMENSCHNEIDER, P. A.:
An analysis of the normal anatomic relationships of the colon as applied to roentgenographic observations. Am. J. Roentgenol. 99, 55 -
61 (1967).

11. WHALEN, J. P., EVANS, J. A., SHANSER, J.:
Vector principle in the differential diagnosis
of abdominal masses: the left upper quadrant.
Am. J. Roentgenol. 113, 104 - 118 (1971).

12. WHALEN, J. P.:
Anatomy of the colon. Am. J. Roentgenol. 125,
3 - 20 (1975).

13. NAGY, D.:
Röntgenanatomie. 1. Aufl., Akadémiai Kiadó,
Budapest 1959.

14. SCHINZ, H. R.:
Lehrbuch der Röntgendiagnostik. 1. Bd.,
6. Aufl., G. Thieme, Stuttgart 1965.

15. FELIX, R., RAMM, B.:
Das Röntgenbild. G. Thieme, Stuttgart-New York 1980.

16. BAUDISCH, E.:
Grundlagen der Medizinischen Radiologie.
1. Aufl., VEB Volk und Gesundheit, Berlin 1978.

17. HURXTHAL, L. M.:
Measurement of anterior vertebral compressions and biconcave vertebrae. Am J. Roentgenol. 103, 635 - 644 (1968).

18. IMMICH, H.:
Medizinische Statistik. 1. Aufl.,
F. K. Schattauer, Stuttgart-New York 1974.

19. HARMS, V.:
Biomathematik, Statistik und Dokumentation.
3. Aufl., Harms, Kiel 1979.

20. SACHS, L.:
Statistische Methoden und ihre Anwendung.
5. Aufl., Springer, Berlin-Heidelberg-New York 1978.

21. SCHULTZE, O., LUBOSCH, W.:
Atlas und kurzgefaßtes Lehrbuch der topographischen und angewandten Anatomie. 4. Aufl.,
J. F. Lehmanns, München 1935.

22. CORNING, H. K.:
Lehrbuch der topographischen Anatomie.
23. Aufl., Springer, Berlin 1946.

23. GROSSER, O.:
Topographische Anatomie. 1. Aufl., Springer, Wien 1950.

24. BORN, P.:
Topographische Anatomie, 19. Aufl., G. Fischer, Stuttgart 1963.

25. HAFFERL, A.:
Lehrbuch der topographischen Anatomie.
3. Aufl., Springer, Berlin-Heidelberg-New York 1969.

26. TANDLER, J.:
Lehrbuch der systematischen Anatomie. 2. Bd., 1. Aufl., F. C. W. Vogel, Leipzig 1923.

27. BRAUS, H.:
Anatomie des Menschen. 2. Bd., 3. Aufl., Springer, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1956.

28. SIEGLBAUER, F.:
Lehrbuch der normalen Anatomie des Menschen.
8. Aufl., Urban & Schwarzenberg, München-Berlin 1958.

29. DAVIES, V., DAVIES, F.:
Gray's Anatomy. 33. Aufl., Longmans, Glasgow 1962.

30. GARDNER, E., GRAY, D., RAHILLY, R.:
Anatomy, a regional study of human structure.
2. Aufl., W. B. Saunders Co., Philadelphia and London 1963.

31. STARCK, D., FRICK, H.:
Repetitorium anatomicum. 11. Aufl., G. Thieme, Stuttgart 1967.

32. BECKER, F., WILSON, J., GEHWEILER, J.:
The anatomical basis of medical practice. Williams & Wilkins Co., Baltimore 1971.

33. SNELL, R.:
Clinical anatomy for medical students. 1. Aufl., Little Brown and Co., Boston 1973.

34. KAHLE, W., LEONHARDT, H., PLATZER, W.:
Taschenatlas der Anatomie. 2. Bd., 2. Aufl., G. Thieme, Stuttgart 1976.

35. WALDEYER, A., MAYET, A.:
Anatomie des Menschen. 1. Bd., 13. Aufl., W. de Gruyter, Berlin-New York 1976.

36. RAYNOR, J.:
Anatomy and Physiology. Harper & Row, New York-Hagerstown-San Francisco-London 1977.

37. BENNINGHOFF, A.:
Lehrbuch der Anatomie des Menschen. 2. Bd., 11. Aufl., Urban & Schwarzenberg, München-Wien-Baltimore 1977.

38. LOEWENECK, H.:
Diagnostische Anatomie. Springer, Berlin-Heidelberg-New York 1981.

39. NETTER, F. H.:
The ciba collection of medical illustrations. 3. Bd., 2. Teil, 2. Aufl., Embassy Photo Engraving Co., New York 1969.

40. BACON, H. E.:
Cancer of the colon, rectum and anal canal. 1. Aufl., Lippincott Co., Philadelphia-Montreal 1964.

41. TURELL, R.:
Diseases of the colon and anorectum. 1. Bd., 2. Aufl., W. B. Saunders Co., Philadelphia-London-Toronto 1969.

42. OTTO, H. F., WANKE, M., ZEITLHOFER, J.:
Darm und Peritoneum.
In: DOERR, W., SEIFERT, G., UEHLINGER, E.:
Spezielle pathologische Anatomie. 2. Bd., 2. Teil, 1. Aufl., Springer, Berlin-Heidelberg-New York 1976.

43. KIRSCHNER, M., NORDMANN, O.:
Die Chirurgie. 6. Bd., 1. Teil, Urban & Schwarzenberg, Berlin-Wien 1941.

44. FAULHABER, M.:
Die Röntgenuntersuchung des Darmes. In: RIEDER, H., ROSENTHAL, J.: Lehrbuch der Röntgenkunde. 1. Bd., 1. Aufl., J. A. Barth, Leipzig 1913.

45. ASSMANN, H.:
Die klinische Röntgendiagnostik der inneren Erkrankungen. 5. Aufl., F. C. W. Vogel, Berlin 1934.

46. SCHINZ, H. R.:
Lehrbuch der Röntgendiagnostik. 5. Bd., 6. Aufl., G. Thieme, Stuttgart 1965.

47. MARGULIS, A. R., BURHENNE, J. H.:
Alimentary tract roentgenology. 1. Bd., 1. Aufl., C. V. Mosby Co. Saint Louis 1967.

48. BROMBART, M.:
Radiologie des Verdauungstraktes. 1. Aufl., G. Thieme, Stuttgart-New York 1980.

49. WEISMANN, A., BOUSQUET, J. C., HARRIAGUE, D., GRELLET, J.:
Aspects de l'anatomie radiologique du côlon en double contraste. J. Radiol. 61, 301 - 311 (1980).

50. BIER, A., BRAUN, H., KÜMMELL, H.:
Chirurgische Operationslehre. 2. Bd., 1. Aufl., J. A. Barth, Leipzig 1912.

51. GROEDEL, F. M.:
Grundriß und Atlas der Röntgendiagnostik in der inneren Medizin und den Grenzgebieten. 3. Aufl., J. F. Lehmanns, München 1921.

52. MOODY, R. O., VAN NUYS, R. G., CHAMBERLAIN, W. E.:
Position of the stomach, liver and colon. J. Am. Med. Ass., 81, 1924 - 1931 (1923).

53. LABBOK, A. J.:
Einige anatomische topographische Eigentümlichkeiten der Dickdarmform und -lage. Anat. Anz. 76, 177 - 194 (1933).

54. PERNKOPF, E.:
Topographische Anatomie des Menschen. 2. Bd., 1. Teil, 2. Aufl., Urban & Schwarzenberg, Berlin-Wien 1943.

55. RAUBER-KOPSCH, F.:
Lehrbuch und Atlas der Anatomie des Menschen. 2. Bd., 17. Aufl., G. Thieme, Stuttgart 1948.

56. HASSELWANDER, A., BÜTHE, F., LEONHARDT, H.:
Die Massenverteilung im Rumpfraum unter den wechselnden Bedingungen des Lebens beim Menschen.
Z. Anat. Entwickl. Gesch. 115, 411 - 435 (1951).

57. ALVERDES, K.:
Grundlagen der Anatomie. 2. Aufl.,
VEB G. Thieme, Leipzig 1959.

58. BACON, H. E., RECIO, P. M.:
Surgical anatomy of the colon rectum and anal canal. 1. Aufl., J. B. Lippincott Co., Philadelphia-Montreal 1962.

59. REIFFERSCHEID, M.:
Darmchirurgie. 1. Aufl., G. Thieme, Stuttgart 1962.

60. TÖNDURY, G.:
Angewandte und topographische Anatomie.
5. Aufl., G. Thieme, Stuttgart-New York 1981.

LEBENSLAUF

19. Mai 1957	geboren in Tegernsee als zweiter Sohn des Zahnarztes Dr. Josef Appel und seiner Ehefrau Franziska, geborene Stettner.
September 1963	kam ich in die Volksschule Bad Wiessee. Vier Jahre später, im Herbst 1967, wechselte ich auf das Gymnasium Tegernsee über. Dort besuchte ich den mathematisch-naturwissenschaftlichen Zweig.
Mai 1976	bestand ich das Abitur.
WS 76/77 bis SS 78	Studium der Physik an den Universitäten Ulm, Regensburg und München.
WS 78/79	Beginn des Medizinstudiums im 3. vorklinischen Semester an der Universität Ulm.
August 1979	bestand ich das Physikum. Anschließend tauschte ich an die Universität München.
März 1981	absolvierte ich den 1. Teil der ärztlichen Prüfung.
August 1983	2. Teil der ärztlichen Prüfung
Oktober 1984	3. Teil der ärztlichen Prüfung Abschluß des Medizinstudiums mit

Datum Unterschrift

Frau G. Ziegleder danke ich für ihre unermüdliche Hilfe bei der Anfertigung von Abzügen meiner Zeichnungen und Tabellen.